

The most incomprehensible thing about the world is that it is comprehensible.

A. Einstein

Вечната загадка на света е неговата познаваемост.

Алберт Айнщайн



© Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
ISSN 1313 - 3888
2008

SENS 2007

SENS 2007

Third Scientific Conference with International Participation
SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
27-29 June 2007, Varna, Bulgaria



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
Space Research Institute
BULGARIAN ASTRONAUTICAL FEDERATION

THIRD SCIENTIFIC CONFERENCE

***Devoted to the 50-th anniversary
of the first artificial satellite of the Earth***

**S P A C E
E C O L O G Y
N A N O T E C H N O L O G Y
S A F E T Y**

S E N S 2007

PROCEEDINGS

2008

Organizational Committee

Honoured Chairman: Acad. Nikola Sabotinov

Chairman:

Prof. Dipl. Eng. Petar Getsov, PhD

Vice-Chairmens:

Prof. Dipl.Eng. Garo Mardirossian, DSc
Sen.Res. II rank Dipl.Eng. Stefan Chapkanov, PhD

Secretary:

Sen.Res., Dipl.Eng. Jivko Zhekov, PhD

Members:

Prof. Dipl. Eng. Stavri Stavrev, PhD
Sen. Res. II rank Boycho Boychev
Res. Fellow II rank Maria Dimitrova
Master of Economics Nikolay Chilyanski
Dr. Milen Zamfirov
Dipl. Eng. Margarita Chervenyashka
Master of philology Tsveta Srebrova

Scientific-Program Council

Prof. Stanislav Klimov – Russia
Prof. Vyacheslav Rodin – Russia
Prof. Rupert Gerzer – Germany
Prof. Alen Oshcorn – France
Prof. Gerald Volmer – Italy
Prof. Danilo Ristich – Macedonia
Dr. Nikolay Isaev – Russia
Dr. Mihail Mogilevski – Russia

Corr. Member Chavdar Roumenin
Prof. Petar Getsov, PhD
Prof. Garo Mardirossian, DSc
Prof. Dimitar Sirakov, DSc
Prof. Nikola Vichev, DSc
Prof. Filip Filipov, DSc
Res. Fellow I rank Lubomira Kraveva
Res. Fellow II rank Georgi Jelev

PROCEEDINGS

Publishing team:

Garo Mardirossian
Lubomira Kraveva
Margarita Chervenyashka
Tsveta Srebrova
Georgi Jelev

This Collection contains reports presented orally or in the form of posters at the Third Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnologies, Safety - SENS 2007”, which was held from 27 to 29 June 2007 at the Creative House of the BAS – Varna.

The Collection includes reports which were sent within the due term and were drawn in accordance with the preliminarily announced instructions. The reports submitted by the authors have not been edited as a substance, but have only been subject to technical processing.

The reports and accompanying abstracts are published in one of the three working languages after the authors' choice.

© Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

ISSN 1313 – 3888

Bulgaria, Sofia 1000, 6, Moskovska St., P.O.Box 799
phone: (+359 2) 988 35 03, (+359 2) 986 28 74, fax: (+359 2) 981 33 47
e-mail: office@space.bas.bg; <http://www.space.bas.bg>

CONTENTS

Petar Getsov

The Programs, Projects and Contracts' Status in the Space Research Institute at the Bulgarian Academy of Sciences	7
--	---

Alexander Simeonov, Elisaveta Alexandrova, Dimitar Filipov, Nadka Dankova

50 Years Bulgarian Astronautical Society	13
--	----

Session 1

Space Physics and Astrophysics

Vyacheslav Balebanov, Nikolay Erokhin

New Type of Secondary Emission Radioisotope Battery for Space Applications.	21
--	----

Nikolay Erokhin, Nadezhda Zolnikova, Stiliyan Lukov, Kostadin Sheiretsky

On Charged Particles Surfatron Acceleration in Space Plasmas.	27
--	----

Nikolay Erokhin, Sergey Arteha, Ludmila Mikhailovskaya, Roumen Shkevov

Spiral Structures Generation in the Presence of Electric Structures in Cloudy Atmosphere.	32
--	----

Nikolay Erokhin, Elena Filonova, Plamen Trenchev, Roumen Shkevov

Charged Particles Capture with Unlimited Acceleration Regime during Electromagnetic Wave Surfing in Magnetic Field.	37
---	----

Ирина Белова, Михаил Могилевский, Татьяна Романцова, Михаил Яновский, Александр Шейхет

Орбиты и стратегии измерений проекта резонанс.	41
---	----

Ирина Белова, А. Петрукович, О. Батанов

Концепция и опыт построения современного архива данных космического эксперимента.	45
--	----

Nikolai Bankov, Stefan Chapkunov, Ludmila Todorieva, Mihail Kaschiev

Intercosmos Bulgaria -1300 Data - Catalogs, Data Bases and Accessibility.	48
--	----

Stefan Chapkunov, Roumen Shkevov, Georgi Karamishev

Photocurrent Investigation by the "ICB-1300" Satellite Data.	53
---	----

Tania Ivanova, Stefan Chapkanov, Georgi Karamishev

35 Years Bulgaria – Space Country.	57
---	----

Marusja Buchvarova, Peter Velinov

Model of Galactic and Low-Energy Anomalous Cosmic Ray Spectrum in the Heliosphere.	62
---	----

Богдана Мендева, Цветана Гогошева, Димитър Кръстев, Боян Петков

Поведение на ултравиолетовата слънчева радиация и озона по време на слънчевото затъмнение на 29 март 2006.	68
--	----

Пламен Тренчев, Костадин Шейретски, Георги Киров

Орбитална еволюция и устойчивост в планетарни системи.	72
---	----

Kostadin Sheiretsky, Plamen Trenchev, Georgi Kirov

Chaotic Dynamic of Satellite Moving Along Circular Orbit in the Gravitational Field, Influenced by Magnetic and Tidal Moments.	76
--	----

Plamen Trenchev, Kostadin Sheiretsky, Deyan Gotchev

Nonlinear Dynamical Processes in Extra-Solar Planetary Systems.	81
--	----

Daniela Boneva, Lachezar Filipov

Effect of the Rossby Number Variations on Dynamical Formations in Accretion Disc Flow.	84
---	----

Krasimira Iankova, Lachezar Filipov

Modification Equations of Disk for Magnetic Corona.	88
--	----

Zdravko Andonov

Cosmology of Times and Multitemporal Theory of Relativity.	92
---	----

Session 2

Aerospace Equipment and Technologies

Dimitar Jordanov, Petar Getsov

Unmanned Aircraft-Modelling and Control.	101
---	-----

Palmira Panova, Petar Getsov

Platform and Strapdown Inertial Navigation Systems Use for Hydrocarbons Search in Sea Shelf.	107
--	-----

Veneta Guineva, Georg Witt, Jorg Gumbel, Mikhail Khaplanov, Rolf Werner, Jønas Hedin, Slaveyko Neychev, Boyan Kirov, Luydmil Bankov, Pavlin Gramatkov, Veselin Tashev, Mikhail Popov, Kenneth Hauglund, Gudmund Hansen, Jørgen Ilstad, Halgeir Wold	
Detector for Rocket Measurements of the Direct Solar Lyman-Alpha Radiation.	114
Stiliyan Lukov	
Prospects of Chaotic and Fractal-Like Signals Application in Radiocommunication and Radiolocation Systems.	120
Pavlin Gramatkov, Roumen Shkevov	
Optimisation of the Electromagnetic Emission of Digital Units for Space Applications.	126
Konstantin Metodiev	
Statistical Orbit Determination on the Basis of Uneven Distributed Observation Data.	132
Antonio Andonov, Zoya Hubenova, Galina Cherneva	
Fractal Methods for Diagnostics of Technical Objects Operating under Circumstances, Possessed by High Apriory Ambiguity.	137
Session 3	
Remote Sensing and Geoinformation Systems	
Hernani Spiridonov, Vladimir Makarov	
Geodynamics of Bulgaria.	145
Ashraf Sharawi, Atyea Azeez, Ahmed Ramzi, Amira Salah	
Quantitative and Qualitative Assessment of Planimetric Information Extraction from Quick Bird Images. .	158
Boycho Boychev, Bozhidar Srebrov, Iliya Cholakov, Vladimir Boychev, Nikolai Bankov, Petko Nenovski	
Simultaneous Registration of Geoelectric and Geomagnetic ULF Field Variations in Panagyurishte Geomagnetic Observatory – PAG.	164
Valentin Atanassov, Lubomira Krалеva, Georgi Jelev	
Noise and Uncertainties in Remote Sensing Spectrometric Measurements.	170
Valentin Atanassov, Lubomira Krалеva, Georgi Jelev	
Measurement Equation in Spectrometric Systems.	174
Eugenia Roumenina, Nikos Silleos, Georgi Jelev, Lachezar Filchev, Lubomira Krалеva	
Designing a Spatial Model of Land Use Impact Dynamics Caused by Uranium Mining Using Remote Sensing and Ground-Based Methods.	179
Violeta Slabakova, Nadezhda Valcheva	
Estimation of Feasibility of Sea Surface Temperature Satellite Data Use through Comparison against <i>In Situ</i> Measurements for the Western Black Sea Region.	185
Kalinka Bakalova, Dimitar Bakalov	
Tracing the Development of Clouds from Ground-Based Visible Images.	191
Veneta Guineva, Espen Trøndsen, Steve Marple, Chris Hall, Paul Cannon, Truls Lynne Hansen	
Study of the Auroral 5577 Å and 6300 Å Emissions and the Related Phenomena under Quiet and Disturbed Conditions.	195
Mariana Tsaneva, Doyno Petkov	
Recognition of Objects on the Earth's Surface through Texture Analysis of Satellite Images.	201
Session 4	
Ecology and Risk Management	
Petar Getsov, Dimitar Teodosiev, Eugenia Roumenina, Michel Israel, Garo Mardirossian, Georgi Sotirov, Bozhidar Srebrov, Stoyan Velkoski, Peter Gajesek, Dina Simunic	
Methods for Monitoring Electromagnetic Pollution in the Western Balkan Environment.	209
Michel Israel, Victoria Zaryabova	
A Method for Providing Protection against Electromagnetic Radiation in the Balkan Countries.	214
Tsvetelina Shalamanova¹, Michel Israel¹, Katya Vangelova¹, Lyubomir Traykov²	
Electromagnetic Fields Effect on Body - Provocative Study with Volunteers.	219
Милена Господинова, Георги Марков	
Диапазонни оценки за съдържанието на токсични елементи в лисицата (<i>Vulpes Vulpes</i>) от България.	225

Георги Марков, Иванка Атанасова, Милена Господинова, Ивайло Райков Биоаккумуляция на токсични метали в обикновената полевка (<i>Microtus Arvalis</i>) - зоомониторен вид за оценка състоянието на околната среда в агроecosистеми.	228
Boyko Rangelov, Dragomir Gospodinov, Stefan Sheer, Elisabeth Krausman, Georgi Alexiev, Mariana Nikolova Methodology of the Templates Development for a Joint Research Centre Tender to Bulgarian Academy of Sciences.	232
Emil Botev, Strashimir Mavrodiev, Tamara Mozgowa, Lazo Pekevski, Tamar Jimseladze Geomagnetic-Quake as Imminent Reliable Earthquake Precursor Based on Skopje, Sofia, Kiev and Lvov Geomagnetic and Earthquake Monitoring - Starting Point for Complex Balkan Black Sea Network.	237
Emil Botev, Sonya Dimitrova, Irena Tzoncheva Earthquake Monitoring in Provadia Region.	243
Ralitza Berberova Urbanization, Natural Disasters and Possibilities for Prevention.	248
Miglena Kuzmanova GIS for Managing Critical Power Infrastructure.	254
Vangelica Jovanovska, Nikola Hristovski, Nikola Jovanovski Effects of Greenhouse Gases on Earth and Atmosphere Heating	259
Румен Недков, Евгения Руменина, Лъчезар Филипов, Пламен Христов, Мария Димитрова, Мариана Захарина, Ваня Найденова, Георги Желев, Даниела Бонева Web-базиран мониторинг на атмосферните замърсявания в района на община Стара Загора на базата на спътникови данни	264
Deyan Gotchev Causes for Unaccuracies in Climatic Models.	274
Георги Киров, Иван Иванов Приложение на симулационни подходи за моделиране и анализ на елементите на критичната инфраструктура.	276
Николай Петров, Димитър Гинчев, Симеон Мръчев Определяне на рационалния брой контролирани точки и идентификация на рискови технически системи в динамичен режим.	282
Stoyan Velkoski, Georgi Kotevski, Frank Otten, Gordana Zlateva-Velkoska, Jadranka Denkova Analysis of Technical Devices for Protection against Electromagnetic Radiation.	288
Nadezhda Valcheva, Atanas Palazov Some Aspects of Quality Control of Temperature Data Acquired with a CTD System.	295
Session 5	
Space Material Science and Nanotechnology	
Димитър Митев, Райна Димитрова, Юлиян Караджов, Иванка Иванова, Ставри Ставрев Влияние на модифицираната огнева очистка върху повърхностните свойства на детонационен нанодиамант.	303
Valentin Gospodinov Thermodynamic Properties of Solids at High Pressures and Temperatures from Shock-Wave Experiments. The Zero Temperature Isotherm.	306
Valentin Gospodinov Thermodynamic Properties of Solids at High Pressures and Temperatures from Shock-Wave Experiments. The Complete Equation of State.	311
Yulika Simeonova, Medi Astroukova, Tinka Grozdanova, Lyudmila Dinkova Influence of Space Environment on Materials Properties.	316
Lyudmila Dinkova, Ivan Ivanov, Yulika Simeonova, Medi Astroukova, Tinka Grozdanova Automated Processing of the Experimental Results from Tribological Research Using a Software Package.	320
Здравка Карагьозова, Людмил Марков, Анна Петрова, Жулиета Калейчева, Петър Шумналиев, Ставри Ставрев Физико-механични свойства на композиционно никелово покритие.	324

Никола Стойчев, Здравка Карагьозова, Светлана Янева, Ирен Дрангажова, Ставри Ставрев	
Изследване на сегменти за рязане на камък от сплав Cu-30%Fe-20%Sn.	329
Никола Стойчев, Мария Лазарова, Светлана Янева	
Промяна на структурата при нано-микрокристални AlSiFeSb сплави в процеса на термично обработване.	333
Session 6	
Space Biology and Medicine	
Tania Ivanova, Ivan Dandolov, Dimitar Dimitrov, Boytcho Boytchev, Ognyan Petrov, Yordan Naydenov	
Light Unit for Space Greenhouse Based on Powerful LEDs.	341
Irina Stoilova, Svetla Dimitrova	
Sleep Efficiency under Extreme Factors Influence.	347
Svetla Dimitrova, Irina Stoilova, Tamara Breus, Tatyana Zenchenko, Dimitar Maslarov	
Investigation of Human Sensitivity towards Geomagnetic Changes.	352
Iliana Ilieva, Romyana Dikova, Tania Ivanova, Snejana Doncheva	
Effect of Oxygen Deficiency on Growth Components of Lettuce during Ground Based Experiment in Svet-2 Space Greenhouse.	358
Elchin Babayev, Arif Hashimov, Ayyub Guliyev, Famil Mustafa, Peter Shustarev, Abbas Asgarov	
Space Weather Effects Studies in Azerbaijan: Potential Impacts on Geosphere, Biosphere and Periodic Comets.	363
Yordan Naydenov, Slaveyko Neychev, Iliana Ilieva	
New Plant Shoot Environment Monitoring System for Third Generation SVET Space Greenhouse.	369
Session 7	
Warfare and Space	
Zhivko Zhekov	
Removal of Side Illumination in the Image Plane of a Two-Mirror Pancratic Collimator System.	377
Branimir Zhekov	
Studying the Influence of Management Efficiency on the Operation Process of an Open Servicing System Using Simulation Modelling.	381
Branimir Zhekov	
Studying the Operation of an Open Two-Level Servicing System Using Simulation Modelling.	389
Mladen Mladenov	
Current State and Development of Thermovision Systems.	394
Ivan Popov, Georgi Popov	
New Means and Devices for Protection and Consequence Management in Case of Terrorist Acts Involving Toxic Chemical Substances.	397
Lyubomir Vitanov	
State of Affairs and Development Trends of New Generation Devices for Personal Radiation Detection and Measurement.	402
Georgi Sotirov, Slavi Slavov	
Investigation the Efficiency of Blinking Jamming Signals with Changiable Parameters.	408
Georgi Sotirov	
Evaluation of the Possibilities for Increasing the Efficiency of Blinking Jamming Signals.	413
Петър Стоянов, Георги Кипров, Венцислав Марков, Михаил Михов	
Космическо разузнаване. Състояние и перспективи за развитие на космическите радиолокатори.	417
Петър Стоянов, Михаил Михов, Венцислав Марков, Георги Кипров	
Космическо разузнаване. Спътникови системи за радиотехническо разузнаване.	421
Михаил Желязов, Теодора Петрова	
Методи за откриване на зони с променливи характеристики на отражението.	426

Теодора Петрова	
Класификация на алгоритмите за вътрешна синхронизация при бързопротичащи процеси.	430
Анастасия Муратова	
Проектиране на система за обработка на свръхширококоловни сигнали.	433
Deyan Gotchev	
The Use of Geophysical Perturbations in the Course of an Assymetrical Evolution of a Conflict.	438
Svetlozar Asenov	
Defining the Basic Exploitation Criteria for Choosing a Multifunctional Fighter Aircraft.	441
Valyo Nikolov, Dimitar Malinov, Stanimir Penchev, Krasimir Ambarev	
Gas-Dynamic Calculation of Turbojet Engines with Interactive Program System.	446
Nikolay Zagorski, Dobrin Seyzinski, Svetlozar Asenov, Stanimir Penchev	
Analysis of Flight Safety Level for Second and Third Generation Fighter Aircrafts of Bulgarian Airforce.	452
Валентин Иванов	
Метод за проектиране на срязан уплътнителен пръстен за минохвъргачни системи с гладко тяло.	457
Валентин Иванов, Валентин Радеев	
Математичен модел за изтичане на барутни газове през срязан уплътнителен пръстен за гладкостенни минохвъргачни системи.	463
Stiliyan Stoyanov, Valya Dimitrova, Angel Manev, Kunyu Palazov	
Influence of the Turbulence of Atmosphere during Optic Measurements.	469
<u>Session 8</u>	
Space Education	
Zdravko Andonov	
Strategic Review of World Scientific Problems and Multitemporal Cosmology.	475
Милен Замфиров, Петър Гецов	
Резултати от пълните слънчеви затъмнения на 11.08.1999 и 29.03.2006.	481
Милен Замфиров, Петър Гецов	
Творческият път на известни български авиоинженери като елемент в обучението по физика и астрономия в 7. и 8. клас.	485
Милен Замфиров, Петър Гецов	
Разказ за проф. Борис Стойчев - живот, отдаден на науката.	489

THE PROGRAMS, PROJECTS AND CONTRACTS' STATUS IN THE SPACE RESEARCH INSTITUTE AT THE BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Petar Getsov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: director@space.bas.bg

It has become a tradition for me to deliver a plenary report at the international scientific conference organized by the SRI, which appears to render an account of the Institute's overall activity during the elapsed one-year period. In our case, this period is characterized most of all by the continuing projects along the Institute's traditional lines:

- Space Physics;
- Remote Sensing of the Earth from Space;
- Aerospace Technologies.

The first field boasts quite topical projects, such as: *Fototok* and *JET*, implemented jointly with our colleagues from the SRI-RAS; *Shuman*, *Folna-R* and *Aurora*, implemented jointly with IZMIRAN-RAS. All of these projects are related with the study of the ionosphere and magnetosphere and the detection of processes and phenomena related with earthquake forecasting. This field also features a project with the CNRS dedicated to experimental studies of ionospheric effects above seismic areas by data from the French satellite DEMETRE and the American satellite DMSP. Works are ongoing successfully under the *Obstanovka* Project intended to measure the electric potential of the modules on the International Space Station with specialists from Russia, Hungary, Poland and more. The test and flying specimens are finished and final tests are forthcoming before their launching into orbit.

In the field of Astronomy, the Institute participates with 2 projects. Jointly with scientists from USA, Russia and Italy, data from the Chandra (NASA) and XMM-Newton (ESA) X-ray Observatories are processed and theoretical models are developed. The second project is related with studies of accretion disks which are carried out jointly with our colleagues from the Institute of Astronomy at the RAS. The *Chaos-Solaria* Project with the SRI-RAS is continuing for studying non-linear dynamics and chaos in space plasma.

The Remote Sensing of the Earth research line was well presented during this period by projects focused on development of models based on space and ground-based observations jointly with specialists from the *Aristotle* University, Greece, development of fundamental ecological planning methods using geoinformation technologies under a contract with the Ministry of Education and Sciences of the Republic of Bulgaria. The environmental studies along the course of the Mesta River based on space images and ground-based measurements are also continuing under a contract with the MES. Geological studies and risk assessment for natural phenomena are carried out under a contract with the Institute of Geology at the RAS. The applied projects related with monitoring the air pollution of the Town of Stara Zagora and the development of the project for the water basins in the Toundzha Municipality also contribute greatly to the implementation of remote sensing methods in favour of the people inhabiting these regions. The project for studying electromagnetic pollution under the 7th EU FP jointly with specialists from Macedonia, Slovenia and Croatia is of interest, too.

The *Svet* Space Greenhouse is being improved under the non-currency exchange program jointly with specialists from the IMBP-RAN to provide for Bulgaria's participation in the 500-day ground-based experiment in preparation of a mission to Mars. Work under the *Mioneurolab* Project related with Space Medicine based on the multi-annual experience accumulated on board the Mir Station using the *Neurolab-B* equipment is also underway.

The Institute continues its successful participation in the field of Space Material Science and Nanotechnologies. SRI is member of the European incubator ESINET. Under European projects (X-Gear, NAVOBS, I-Stone, NAVOBS+), instruments and other articles of various function are being developed, based on nanostructures obtained by explosion technologies.

The project for special tribologic materials developed jointly with specialists from Ukraine was admitted to the SURE Programme under the 6th EU FP. The SRI participated in the 6th EU FP also with the *Schema* Project aimed at analyzing the processes and phenomena triggering tsunami.

The *Resonance* Project with the SRI-RAS for complex navigation of high-apogee satellites is ongoing, too, notwithstanding the certain delay in the deployment of the *Galileo* Global Navigation System.

One of the most prospective projects of the Institute, *BalkanSat*, is embarking on its decisive phase and, provided State funds are allocated, it is going to be the major project in the couple of years ahead. So far, the major characteristics and parameters of the satellite have been determined as well as the payload.

The reported period is of historical importance to Bulgaria in relation with signing the contract for its full-member participation in the European Union, which unveils new prospects for Bulgarian science and space studies in particular. It resulted in significant increase of the SRI's projects under the European Programmes, as evident from the enclosed Projects List of the Space Research Institute during the Period 2005 - 1007.

1	Photocurrent – Probe methods for study of the ionosphere: research of polar areas by data from the Intercosmos-Bulgaria-1300 satellite, 2006-2008. <u>St. Chapkanov</u>
2	Research of ELF/ULF waves in the Earth's magnetosphere <i>Processing of all ELF electromagnetic measurements of the Magion-5 satellite and data base creation including relevant measurements from the Magion-4 satellite as well as ground-based measurements – contract with the Czech Republic</i> <u>D. Teodossiev</u>
3	Blast waves physics in astrophysical objects. <i>Work on the subject done in cooperation with scientists from USA, Italy and Russia using data from the Chandra (NASA) and XMM-Newton (ESA) X-ray observatories. Theoretical models are also developed.</i> <u>Sv. Jekov</u>
4	Contract No. H3-1402/04 with the Ministry of Education and Science, Scientific Research Fund, on the Topic: Electromagnetic Monitoring of Regions with Enhanced Seismic Activity (Measurement Equipment Installed at the Panagyurishte Geomagnetic Observatory) <u>B. Boytchev</u>
5	Chaos-Solaria Project: Study of Non-Linear Dynamics and Chaos in Space Plasma and Geophysical Processes, 2007-2010 <i>Contract under the Equivalent Non-Currency Exchange between SRI-BAS and SRI-RAS, Cosmogeophysics Department</i> <u>St. Lukov</u>
6	Project for Joint Scientific Research on the Topic: Development and Testing of New Tribotechnical Materials with Ecologic Antifricition Component, 2006-2009 <i>With the National Academy of Sciences of Ukraine (Equivalent Non-Currency Exchange).</i> <u>Yu. Simeonova</u>
7	Implementation of the Work Program of the Third Phase of the Contract КИ-1-01 from 2003 of SRI-BAS with the Ministry of Education and Science under the <i>Space Studies</i> Research Line for Designing Svet-3 Space Greenhouse on the Topic: Designing of a New Control System for a Space Greenhouse. Experimental Testing of Mathematical Models of Transfer Processes in Substrate Media <u>T. Ivaniva</u>
8	Implementation of Contract with ИМБП–RAS from 2005 on the Greenhouse-Mars Project under the Bilateral Scientific Collaboration for Fundamental Space Research under Equivalent Non-Currency Exchange between BAS and RAS until 2010 on the Topic: Study of Some Key Technologic Problems with Plant Breeding during the 500-Day Ground-Based Experiment in Moscow for the Purpose of Creating the Biological Unit of the Life-Provision System during a Manned Mission to Mars – Design of a Principally New Illumination Block Based on LEDs • Simulation of a crew's mission to mars; • 6 volunteers will be closed for a period between 500 and 700 days; • Stock of 5 t of food and oxygen and 3 t of water; • The psycho-physiological stress from continuous isolation will be studied; • A greenhouse with area of 3 m² will be used. <u>T. Ivanova</u>

9	MIONEUROLAB Project Study of Weightlessness Effects on the Central Motor Regulation Mechanisms and the Biophysical Properties of Skeleton Muscles A program module for grouping of identified camera extrasystoles during continuous 24-hour ECG Record has been developed. A software module for frequency and wave analysis of cardiac rhythmogram has been developed. A stress-test program module has been developed accounting for the S-T segment level in an ECG <u>P.Genov, S.Tanev, Pl.Trendafilov</u>
10	Under the project Experimental Study of the Ionospheric Effects over Seismically Active Regions by Means of Coordinated Ground Based, Demeter and DMSP Satellite Data between SRI-BAS and CNRS (Centre National de Recherche Scientifique)- France, a common data base from DEMETER micro satellite and DMSP (Defense Meteorological Satellite Program DoD USA) satellites was created in our Institute. While DMSP data set use a "standard string record" with geophysical and plasma parameters merged to 4s step in Universal Time (UT), DEMETER probe instruments operate with different time/space resolution in "burst" and "survey" modes of telemetry. In fact, we created two different types of databases software addressed to serve these two types of inflow dataset. <u>L. Bankov</u>
11	Conducting a Pilot Monitoring Study of the Territory of the Toundzha Municipality Based on Satellite and GPS Data from August 2006 to September 2006 Inclusive. Contract No. 76/08/2006 between the Toundzha Municipality and SRI-BAS; <u>R. Nedkov</u>
12	Conducting an Internet-Based Monitoring Study of the Atmospheric Pollution in the Region of the Stara Zagora Municipality Based on Satellite and Ground-Based Data. Contract between the Stara Zagora Municipality and SRI-BAS, 2005–2007, <u>L. Filipov</u>
13	I-Stone Project: Creation of new generation tools based on nanotechnologies – EU <u>S. Stavrev</u> http://www.navobs.com
14	X-Gear Project: Creation of new generation diamond ropes for stone cutting – EU The objective of X-Gear is the diffusion and standardisation of novel technologies and new materials for a new generation of gears characterised by higher accuracy, resistance, reliability, and tribology properties. In this context, X-GEAR plays a role in the competitiveness of European industry since it aims to comply with the increasingly tighter requirements being placed on the gear industry for lighter weight, higher torque transmissions and quieter, more efficient gear trains. Manufacturing and design tools and knowledge platform implementing guidelines and best practices developed in the project, for a wider diffusion of the project results to the IAGs and their members. <u>S. Stavrev</u> http://dappolonia-research.com/xgear
15	ESINET Project: Creation of European space sources net – EU <u>S. Stavrev</u>
16	NAVOBS Project – FP6: Creation of firms net for introduce developments in 18 areas of space research. The NAVOBS^{PLUS} programme is an initiative of the European Space Incubator Network (ESINET), supported by the European Business and Innovation Centre Network, the European Space Agency and the Space Sesearch & Applications Unit of the EC DG Enterprise and Industry. <u>S. Stavrev</u> http://www.navobs.com

17	Accretion – Non-linear dynamics of accretion flows in twin stellar systems, 2006-2010 – Russia <u>L. Filipov</u>
18	Balkansat – Development of microsatellite platform for scientific research, 2006-2010 – Russia and Balkan countries <u>P. Getsov</u>
19	Jet – Space-temporary characteristics of the polar jet in the subauroral area during the simultaneous observations of the Intercosmos-Bulgaria-1300, ARIEL-3, DE-2 satellites and Yakutsk ground ionoprobes chain, 2006-2007. <u>L. Bankov</u>
20	Wave-R - Research of electromagnetic waves and resonance processes of energy transportation in ionospheric-magnetospheric plasma by the results of high apogee satellites measurements, 2006-2010. <u>B. Boytchev</u>
22	Charge-ISS – Charge research of space device with extralarge dimensions – International Space Station (ISS) in ionospheric plasma interaction, 2006 – 2010 – Russia, Hungary, Poland etc. <u>G. Stanev</u>
23	SCHEMA – Scenarios for Hazard-Induced Emergencies Management. Sixth Framework Programme. <i>In the autumn of 2007, a contract with more than 12 partners from 9 countries of the Mediterranean Region will be signed.</i> <u>P. Getsov, G. Mardirosian, B. Rangelov</u>
24	Designing a Geodatabase Model for the Purposes of Large-Scale Mapping of Land-Use Conflicts Caused by Mining Industry Using Remote Sensing and Ground-Based Data. Joint Research Project –No.P-16*24.04.07 between the Bulgarian Academy of Sciences and the Aristotle University of Thessaloniki, Greece, 2007-2009. <i>The major objective of the project is to develop and approbate a geodatabase model for the purposes of large-scale mapping of land-use conflicts caused by extraction industry using geoinformation technologies. The designed model will be approbated on the territory of the land of the Novi Iskur District, Metropolitan Municipality, Bulgaria, and on part of the water-catchment of the Strouma River, northeast of Thessalonica, Greece.</i> <u>E. Rumenina</u>
25	Geoecologic Studies of Hazardous Natural Processes Using Remote Sensing and Ground-Based Methods and Geoinformation Technologies, Contract between the Institute of Geoecology, Russian Academy of Sciences and SRI – BAS, 2005–2007. <i>As a result of the Project's first phase completion, the methods for studying geomorphological complexes and hazardous natural processes, using geoinformation technologies and drawing geomorphologic risk maps have. A unified geodatabase model has been designed, including an aerospace component for studying geomorphological complexes and geoecologic monitoring of hazardous natural processes.</i> <u>H. Spiridonov</u>
26	Study of Electromagnetic Emissions. Contract between SRI-BAS and the Research Centre „Sonchev Zrak”, Skopje, Macedonia. 2005-2007. <i>Within the Contract's framework studies have been performed of the electromagnetic field created by power transmission lines and high-frequency communication equipment. With the participation of specialists from the National Institute of Hygiene, Medical Ecology and Nutrition, measurements of the electromagnetic field under a 400 kV/50 Hz power transmission line in the region of the Town of Prilep, Macedonia, have been made and expert assessment has been provided on the request of the Macedonian judiciary.</i> <u>G. Mardirosian</u>

27	Geoecological Investigation of Natural Hazards and Integral Risk Assessment for the Needs of Management at a Regional Level. Contract № H3 1514/05 between the SRI-BAS and the Scientific Research Fund at the Ministry of Education and Science, 2005-2008. <i>The major scientific objective of the contract is to develop methods for a complex study of the natural hazardous processes taking place within a given territory and drawing a map of the risk rate for the needs of a territorial unit's sustainable management. The studies are conducted in the Eastern Rhodopes, in the regions of the Municipalities of Kurdzhali and Dzhebel. Complex assessment of the Territory in GIS medium will be made and a detailed map of the great landslide at the Village of General Geshev will be drawn, using aerospace information.</i> <u>H. Spiridonov</u>
28	Development of Methodical Fundamentals of Landscape-Ecological Planning Using Geoinformation Technologies. Contract NZ –No.1507/05 between the SRI-BAS and the Scientific Research Fund at the Ministry of Education and Science, 2005-2008. <i>A GIS model for landscape-ecological planning at a municipal level has been designed and approbated. Using archive and modern aerial and satellite images featuring spatial resolution of less than five meters and data obtained from non-conventional information sources, a series of thematic maps have been drawn reflecting land-use condition and dynamics over a period of 65 years. As a result of the performed monitoring, landscape-ecological plan of the territory will be elaborated.</i> <u>E. Rumenina</u>
29	Physico-Geographic Study of the Environment in the Basin of the Mesta River by Analysis of Remote-Sensing and Ground-Based Data. Contract MY H3-1202 between the SRI-BAS and the Scientific Research Fund at the Ministry of Education and Science, 2004-2007. <i>During the Contract's implementation, an assessment was made of the rate of anthropogenic transformation of the landscapes in the upper part of the basin of the Mesta River. A complex of methods was applied for the purpose, the greatest emphasis being placed on remote sensing methods, landscape and landscape-geochemical methods. To assess landscapes' heave-metal loading, 115 samples were analyzed to identify the content of 6 elements (Pb, Zn, Cu, Mn, Cr, Cd). To perform area mapping of the anthropogenized landscapes, aerial photos were used, subject to preliminary processing to remove geometric deformations caused by relief and to improve their informativeness.</i> <u>A. Gikov</u>
30	Studies Related with Integration of GPS and Loran-C to Determine Lateral Location and Perform Navigation Georeferencee. Project BAS. <i>On maps in scale 1:100,000 and 1:200,000, the location of the ground-based stations of the LORAN-C system for the territory of the Republic of Bulgaria was identified. Terrain measurements are scheduled related with the distribution of the system's emissions for the purpose of navigation determination and georeference of movable and stationary ground-based objects.</i> <u>N. Georgiev</u>
31	Preliminary Processing of Videospectrometric Data. Project BAS. <i>Remote sensing system analysis has been made to localize, characterize and minimize the impact of error sources through preliminary processing of the data for the period from their acquisition until the information's receiving. The functional relationship between the radiation reflected by the studied object and the device's output signal has been determined.</i> <u>V. Atanasov</u>
32	Development of Techniques and Instrumentation to Study the Total Content of Atmospheric Ozone <i>Work is ongoing related with the design of optical, optico-electronic and electronic-optical equipment for civil and military use: satellite and ground-based spectrophotometer, collimator, autocollimator, collimator adjustment stand, sight-target etc.</i> <i>A major role here plays the equipment for measuring the total content of atmospheric ozone.</i> <u>J. Jekov</u>

33	National System for Telemedicine <i>Personal Diagnostic Device</i> <i>Measures the following major physiological parameters:</i> - EKG I lead-out with record duration of 30 s, - blood saturation with oxygen, - bodily temperature, - arterial blood pressure, - etc. <u>P. Genov, S. Tanev, Pl. Trendafilov</u>
34	Contract „System for early detection, announcement and localization of rising field and forest fires and floods on the territory of Republic of Bulgaria” - Public Agency "Civil Protection" - Aviatechnics-Plovdiv <i>Finmechanics-Italia</i> <u>P. Getsov</u>
35	Modernization of ground system for radiolocation surveillance in the NATO standards - Ministry of Defence - Republic of Bulgaria - Bitova Elektronika – V. Tarnovo - EADS <u>P. Getsov, G. Sotirov, S. Avramov</u>
36	<i>Within the framework of EU program "SEE-ERA.NET" for finance of mutual scientific projects at the Western Balkan countries in environment area team of scientists from Bulgaria, Macedonia, Croatia and Slovenia proposed research project Development of strategy and methodic for EMP monitoring from natural and anthropogenic sources for Western Balkan area which was approved and financed by agreement "INTAS Ref. Nr 06 - 10374"</i> <u>P. Getsov, D. Teodosiev, G. Mardirossian, G. Sotirov, E. Roumenina</u>
37	Center for transfer of aerospace technologies <i>PHARE project in collaboration with Geographical Institute – BAS, NPP "Cosmos", New Bulgarian University</i> <u>P. Getsov, G. Mardirossian, I. Nikolova, O. Petrov, G. Sotirov, E. Rumenina, T. Belichinova</u>
38	"ESA SURE ANNOUNCEMENT OF OPPORTUNITY - 2006" "Influence of the Space Environment on the Physical and Tribological Properties of Self-lubricating Composite Materials". "ESA SURE AO - 003/24.04.2006" <u>Yu. Simeonova</u>
39	7 FP, Space objects protection from solid radiation <i>In collaboration with Valonia Space Logistics, Brussels</i> <u>S. Stavrev</u>
40	7 FP, Covering of tools for processing of highcollegate steels <i>In collaboration with D'Appolonia Genua, Italy</i> <u>S. Stavrev</u>
41	7 FP, Criogenetic reservoir based on matrix from thermoplastic composition <i>In collaboration with EADS Astrium, Toulouse, France</i> <u>S. Stavrev</u>

50 ГОДИНИ БЪЛГАРСКО АСТРОНАВТИЧЕСКО ДРУЖЕСТВО

**Александър Симеонов, Елисавета Александрова,
Надка Данкова, Димитър Филипов**

Българското астронавтическо дружество (БАД) е основано от група учени, инженери и специалисти в гр.София на 08.12.1957 г. – два месеца след извеждането в орбита на Първия изкуствен спътник на Земята “Спутник” на 04.10.1957 г. От датата на учредяването си БАД е доброволна, демократична, обществена научна организация, чиято цел е да спомага за развитието на космическите и авиационните изследвания и приложените им дейности. Отначало БАД е формирана като секция по “Астронавтика” към Софийския аероклуб на Доброволната организация за съдействие на отбраната (ДОСО), а по-късно през 1963 г. се отделя като самостоятелна организация и става колективен член на Съюза на научните работници (СНР) в България (до 1984 г.).

През 1958 г. БАД става член на Международната федерация по астронавтика (МАФ), а нейният председател – акад. Никола Бонев, е избран за вицепрезидент на МАФ (1961-1963). Известни български учени редовно участват с доклади и научни съобщения в ежегодно провежданите конгреси на МАФ. Приносът на българските учени в изследване на космическото пространство и резултатите от организираните наблюдения за полета на Първия изкуствен спътник на Земята получават висока оценка от ръководството на МАФ. За този принос и съдействието на акад. Никола Бонев ръководството на МАФ решава 13-ият конгрес да се проведе в гр. Варна (23-30.09.1962 г.). Гост на конгреса е вторият космонавт на планетата Герман Титов.

За действителни членове (академици) на Международната академия по астронавтика (МАА) са избрани 8 български учени за постигнати съществени научни резултати в изследването на космическото пространство: акад. Никола Бонев, акад. Кирил Серафимов, акад. Димитър Мишев, проф. дфн Митко Гогошев, п-к д-р Кирил Златарев, проф. дтн Александър Симеонов, ст.н.с. д-р Лъчезар Филипов и ст.н.с. д-р Бончо Балабанов.

БАД си поставя за изпълнение следните основни задачи:

- да съдейства за организиране и провеждане на изследване на космическото пространство и реализиране на космически проекти на договорни и на доброволни начала;
- да инициира използването и внедряването на резултатите от космическите изследвания в различни области на икономиката на страната;
- да разпространява научни знания за космическите постижения чрез лектории, курсове, школи и чрез други форми.

За изпълнение на тези задачи ръководството на БАД организира клонове, секции и клубове в различни селища, в учебни и научни заведения, в производствени предприятия и други организации в страната, в които членуват учени от инженерно-техническите, астрономическите, физико-математическите науки, както и от областта на космическата биология и медицина, космическото право и други, а също и младежи, които проявяват интерес към космонавтиката.

По инициатива на Централното ръководство на БАД, на младежи и на административни ръководители, в различни години се основават клонове, секции и клубове на БАД в следните градове: София, Варна, Пловдив, Ловеч, Стара Загора, Велико Търново, Ямбол, Шумен, Хасково, Троян, Кърджали, Враца, Благоевград, Русе.

С оглед на по-нататъшното усъвършенстване на управлението на БАД се правят изменения в неговите ръководни органи. На проведеното през 1963 г. Общо събрание се приема първият Устав на Българско астронавтическо дружество с Централно ръководство (ЦР) и Бюро. ЦР определя броя на членовете на Бюрото, които съгласно Устава, могат и да не бъдат членове на ЦР. Този принцип остава в сила до 1975 г., от когато за членове на Бюрото се избират само членове на ЦР. Тези

органи за управление на БАД се запазват до 1997 г., когато по решение на СГС-ф.о. Бюрото на ЦР става Изпълнително бюро.

От основаването си досега председатели на БАД са били:

Акад. Никола Бонев (1898-1979 г.), известен български учен-астроном, е първият председател на БАД през периода 1957 - 1979 г. Той е основател на Централната станция при БАН за наблюдение на изкуствени спътници, а също основател и пръв директор на Секцията по астрономия към БАН през 1958 г. и на Националната астрономическа обсерватория "Рожен". Той работи в областта на слънчевите затъмнения и изследване на Луната. Признание за неговите постижения е нареченият на негово име лунен кратер, а наскоро откритият от български астрономи астероид 2005UT12 е предложено да носи неговото име.

Акад. Кирил Серафимов (1932-1993 г.) е председател на БАД през периода 1979 - 1987 г., а също и през 1990 - 1993 г. Той е един от основоположниците на Програмата "ИНТЕРКОСМОС" и дълги години е несменяем ръководител на българската част от тази програма. Осъществявал е научното ръководство на българското участие в проучванията със спътници "ИНТЕРКОСМОС", с тежки геофизични ракети "ВЕРТИКАЛ", ръководител на научно-техническата програма за полета на първия български космонавт Георги Иванов. Той бе инициатор и ръководител на българското участие в космическия проект "БЪЛГАРИЯ 1300", по който през 1981 г. бяха изведени в орбита два съветско-български спътника: "ИНТЕРКОСМОС-БЪЛГАРИЯ-1300" и "МЕТЕОР-ПРИРОДА". След акад. Любомир Кръстанов, той е бил постоянен представител на НР България в Комитета за мирно използване на космическото пространство (КОПУОС) към ООН.

Генерал д-р Георги Иванов, първият български космонавт, летял на космическия кораб "Союз-33" през 1979 г., е председател на БАД от 1987 г. до 1990 г.

Проф. Александър Симеонов е председател на БАД от 1993 до 1997 г. Научните му трудове са в областта на механиката на летателните апарати (ЛА) и оптимизиране на траекториите на движение на ЛА.

Акад. Димитър Мишев (1933-2003 г.) е председател на БАД от 1997 до 2003 г. Той е известен със своите трудове в областта на методите, системите и апаратите за дистанционни изследвания на Земята от космоса.

След 1997 г. са направени опити за обсебване на дружеството от група членове на БАД и голямата част от средствата на дружеството са присвоени от тях. Дружеството устоява на опитите за разцепление и след приключване на съдебните дела през 2005 г. На Общото делегатско събрание на БАД (проведено на 03.12.2005 г.) е избран Управителен съвет (УС), който избира проф. Петър Гецов за негов председател.

БАД от основаването си до днес е постигнал значителни успехи не само в създаването на клонове, секции и клубове и увеличаване броя на членовете си, но и във всички други направления на своята дейност. Особено значителни успехи БАД постига след 1978 г. в областта на научните изследвания. Благодарение на активната дейност на ст.н.с. инж. Методи Велков бяха създадени 7 ателиета – научни звена към БАД, които изпълняваха договори за разработки по заявка от министерства, предприятия, научни институти и други, в резултат на което към началото на 1990 г. БАД имаше в наличност 1,2 млн. лв. При това БАД командироваше свои членове за участие с научни доклади и съобщения в ежегодно провежданите конгреси на МАФ.

Членовете на БАД провеждат научни изследвания и популяризиране на постиженията в следните направления:

- астрономия;
- космически съобщения;
- физика на космоса;
- механика на космическите полети;
- дистанционни методи за аеро- и космически изследвания на Земята;
- космическа геодезия;
- космическо уредостроене;
- авиационна и космическа биология и медицина;
- социално-икономически проблеми на космическите полети;
- космическа метеорология;
- история на космонавтиката и авиацията.

Като най-активни структури на БАД следва да се отбележат следните клонове и секции:

БАД – клон Ловеч

Основан през 1957 г. в “Завод-14” по инициатива на един от основателите на БАД инж. Димитър Филипов, конструктор и технолог при производството на самолети “ЛАЗ-7М”.

БАД – клон Стара Загора

На 13 март 1960 г. се основава секция “Астронавтика” към Аероклуба на ДОСО, към която само за една година за членове се записват над 800 души. Секцията се оглавява от запаления “досовец” и кмет на града Йордан Капсамунов. По-късно председатели на клона са астроном Ангел Бонов и проф. д-р Митко Гогошев. Дейността на клона на БАД е тясно свързана с НАО “Юрий Гагарин”, която участва в международни проекти за изследване на слънчево-земните въздействия, както и в наблюдения на изкуствени спътници на Земята.

БАД – клон Варна

Основан през 1962 г. от капитан I-ви ранг инж. Васил Карагьозов, който е и първи председател. Един от най-активните клонове на БАД – негови членове участват в проекта “ИНТЕРКОСМОС–БЪЛГАРИЯ-1300”. Клонът развива активна дейност и по разпространение на научни знания в областта на космонавтиката, организира тържествени чествания по повод на отделни събития и юбилеи, посветени на успехите на българската и съветската/руската космическа наука. Тези успехи в голяма степен се дължат на отдадеността на инж. Димитър Филипов, който е председател на клона след 1970 г..

БАД – клон Ямбол

Основан е през 1970 г. с първи председател Иванка Маринова, зам.-председател на Окръжния народен съвет (ОНС) и след нея е Коста Стоянов, също зам.-председател на ОНС. След 1977 г. настъпва известна криза в дейността на клона до 1984 г., когато за председател е избран доц. Иван Милков. Дейността на клона се възстановява и той става един от активните клонове на БАД с организиране и участие в научни конференции и в проекти, включително и с международно участие. Членове на дружеството са изнесли 126 научни доклада и около 200 научно-образователни беседи.

БАД – клон Троян

Основан през 1980 г. с 200 редовни члена с председател Цочо Зюмбюлски, един от основателите на БАД. Клонът основава клубове към училища, заводи и към военното поделение в града. Членове на клуба в завод “Елпром” са изработили детайли за спътника “ИНТЕРКОСМОС–БЪЛГАРИЯ–1300”. Основното направление на дейността на клона е популяризиране на астрономията. От 1997 г. председател е Надка Данкова. Тя ръководи Кръжок по астрономия и Школа по астрономия към БАД (създадена през 1994 г.), а от 2004 г. ръководи Астрономическата обсерватория „Й. Кеплер“. Провеждат се научно-технически конференции, срещи с учени в областта на астрономията и космонавтиката, с българските космонавти, с писатели, конкурси, изложби по астропhotография, екскурзии, експедиции, туристически походи и пр. Организиран са наблюдения на космически явления, предмет на публикации. Правят се фотоизложби и с помощта на Руския културно-информационен център в София се издават книги по приложна астрономия. Усъвършенстват се формите и методите на работа с учениците за популяризиране на астрономията, издейства се по-нова и усъвършенствана техника. През 2005 г. в Обсерваторията е чествана 25-годишнината от създаването на БАД-клон Троян. През 2007 г. продължават изявите на активистите на БАД-клон Троян в национални конференции, свързани с работа с децата по астрономия. Целият комплекс от дейности към Школата по астрономия, Обсерваторията и Базата за астрономически наблюдения е свързана с БАД.

БАД – клон ИКИ-БАН

Още от създаването на Групата по физика на космоса към Президиума на БАН, прераснала през 1974 г. в Централна лаборатория за космически изследвания, преобразувана в сегашния Институт за космически изследвания през 1986 г., учените в тях участват активно в дейността и управлението на БАД. Те са основни изпълнители на повечето космически проекти, реализирани в България. От 1996 г. председател на клона е д-р инж. Красимир Стоянов, дубльор на втория български космонавт Александър Александров. От 2005 г. председател е ст.н.с. д-р Пламен Ангелов.

Секция “Физика на Космоса”

Основана е през 1969 г. от акад. К. Серафимов едновременно с Групата по физика на Космоса, непосредствено подчинена на Председателя на БАН акад. Л. Кръстанов.

Основните направления от дейността на секция “Физика на Космоса” са:

- теоретични и експериментални изследвания на високата атмосфера, йоносфера и магнитосфера;

- анализ на резултатите от координираните преки и наземни космически експерименти "Интеркосмос-8, 12 и 14", тежките геофизични ракети "Вертикал-3" и "Вертикал-4" и спътника "ИНТЕРКОСМОС-БЪЛГАРИЯ-1300";
- преки измервания на екваториалната, средноширотна и високоширотна йоносфера;
- проучване на вертикалното разпределение на електронната и йонна концентрация и на електронната температура;
- изучаване въздействията на слънчевите радиации и космическите лъчи върху атмосферата на Земята и планетите;
- участие в подготовката и работата на Пленарните конгреси на Комитета за космически изследвания (КОСПАР) и на МАФ.

През 1975 г. във Варна се провежда XVIII Пленарен конгрес на КОСПАР, на който акад. К. Серафимов е избран в Бюрото на КОСПАР, на който пост той остава до 1986 г. През 1977 г. в Пловдив се провежда XV-та Международна конференция по космически лъчи. В периода 1974-1986 г. в Стара Загора се организират на всеки 2 години международни семинари по космическа физика, а през 1985 и 1990 г. – националните конференции с международно участие "Космос-85" и "Космос-90".

Секция "Дистанционни изследвания на Земята и планетите"

Основана е през 1975 г. от акад. Д. Мишев, заедно с обособяването на петата едноименна постоянно действаща работна група на "ИНТЕРКОСМОС". Това е най-младата работна група на програмата "ИНТЕРКОСМОС". Бурното развитие на космическите технологии и успешното им приложение за научни и стопански цели доведоха до усъвършенстване на дистанционните методи, което даде възможност за решаване на проблемите за природните ресурси и екологичния контрол на околната среда. Най-голямото постижение на тази секция е построяването и успешното извеждане на втория спътник от програмата "БЪЛГАРИЯ-1300", наречен "МЕТЕОР-ПРИРОДА".

Секция "Космически съобщения"

Основана е през 1970 г. от проф. К. Серафимов и ст.н.с.инж. М. Велков – директор на Научноизследователския институт по съобщенията (НИИС-София), когато се взема решение на държавно ниво за участие на България в международната система и организация за космически връзки "ИНТЕРСПУТНИК". Първият принос на секцията са изследванията за определяне на оптималното местоположение на земни станции за връзка със спътници. Комплексът ЗСКВ "Шипка" в Плана планина е планиран през 1971-72 г. с участието на колектив от НИИС-София и на ст.н.с. Л. Събев, всички членове на БАД. Членове на секция "Космически съобщения" чрез БАД осъществяват многобройни научно-приложни разработки. Само през последните 10 години са изпълнявани средно по два договора на година, източник на приходи за финансово стабилизиране на БАД, като особено голяма е заслугата на ст.н.с. д-р Бончо Балабанов и ст.н.с. инж. Елисавета Александрова за това.

Основни направления от дейността на секция "Космически съобщения" са:

- дългогодишни изследвания на влиянието на метеорологичните явления върху разпространението на радиовълните по спътникови трасета;
- участие в подготовката и работата на Световните радиокommunikационни конференции на Международния съюз по далекосъобщения (ITU);
- разработка на стратегия за развитие на космическите съобщения в Р България;
- оптимизиране и реализиране на спътниковите ресурси за Р България в международните планове;
- обучение на специалисти за извършване на проучвания при координация на спътникови системи.

Резултатите от изследванията са докладвани на симпозиуми с международно участие (1985 и 1990 г. в курорта "Дружба", Варна), на конгресите на МАФ през периода 1987–1992 г., както и на други международни форуми в Русия, Полша, Чехия и Унгария, а по-късно до 2004 г. и на българския "ТЕЛЕКОМ", спонсориран от БТК-ЕАД.

Трябва особено да се отбележи съдействието, което БАД получава от 1975 г. от ръководството на открития тогава Руски културно-информационен център (РКИЦ), за провеждане на своите мероприятия, посветени на бележити дати и юбилеи, свързани с историята на космонавтиката, за съвместни съветско/руско-български научни форуми. Често на тези чествания гости са били съветски/руски космонавти, като заслугата е изцяло на ръководството на РКИЦ. Трябва особено да споменем дейността в подкрепа на БАД на многогодишния директор на центъра Евгений Табачников, на зам.-директорите по научно-техническите въпроси ст.н.с. Александър Сейтов и д-р Николай Михайлов.

От 1994 г. БАД изпитва сериозни финансови затруднения, последвани от юридически проблеми, и след близо 9-годишни усилия на нейните най-предани активни членове и главно на проф. Александър Симеонов беше възстановено единството на БАД. След провеждане на Общо отчетно-изборно делегатско събрание на 03.12.2005 г. БАД е регистрирано на 20.12.2005 г. по новия ЗЮЛНЦ. Съгласно закона и приетия Устав на БАД дружеството е с Управителен съвет от 7 члена, за председател на който беше избран проф. д-р Петър Гецов, директор на ИКИ-БАН.

В настоящето БАД активизира и разширява своята организационна структура и търси възможности за финансово укрепване. През м. май 2007 г. са създадени два нови клона на БАД в гр.Пловдив, към филиала на ТУ-София и в гр. Плевен – към ДФСГ “Интелект”.

БАД може да играе съществена роля със своите структури при разпространение на информация за космически проекти и прилагане на резултатите от тях, особено сред младите хора, да подпомага обучението на кадри в областта на космическите изследвания и технологии за изпълнение на текущи и бъдещи космически проекти и да ги мотивира да останат в България. БАД е отворено за нови членове и за предложения за участие в подходящи проекти и програми.

Литература

1. М и ш е в Д., Космическите изследвания в България, София, 2004 г.
2. Вестник Народна армия, бр. 2875 от 10 декември 1957 г.
3. Информация от членове на БАД.
4. Публикации в Интернет.

Session 1

***Space Physics
and
Astrophysics***

Chairman: Sen. Res. Stefan Chapkunov
Secretary: Res. Fell. Maria Dimitrova

РАДИОИЗОТОПНАЯ БАТАРЕЯ НОВОГО ТИПА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Вячеслав Балебанов, Николай Ерохин

Институт космических исследований – Российская академия наук
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru

NEW TYPE OF SECONDARY EMISSION RADIOISOTOPE BATTERY FOR SPACE APPLICATIONS

Vyacheslav Balebanov, Nikolay Erokhin

Space Research Institute – Russian Academy of Sciences

Ключевые слова: Вторичная электронная эмиссия, радиоизотопная батарея, токовая ячейка, преобразование ядерной энергии в электрическую, слой эмиссии, вольт-амперная характеристика, сверхтепловые электроны, энергетический спектр, активный изотопный слой, пленки

Key words: Secondary electron emission, radioisotope battery, current cell, conversion of nuclear energy to electric one, emission layer, volt-ampere characteristic, suprathreshold electrons, energy spectrum, active isotope layer, films

Аннотация: Рассмотрены физические основы нового типа атомных батарей – компактные вторично-эмиссионные радиоизотопные источники тока, которые могут иметь многочисленные приложения, например, для использования на космических аппаратах. По теоретическим оценкам в данной батарее к.п.д. преобразования ядерной энергии в электрическую может быть очень высоким вплоть до 30 %. Кроме того она имеет по сравнению с традиционными источниками тока преимущества по весу, габаритам, рабочей температуре и безопасности в эксплуатации. Для производства таких батарей необходимо отработать новые технологии изготовления сотен токовых ячеек, содержащих металлические и диэлектрические пленки с толщинами слоев порядка десятков нанометров.

Abstract: It is considered the physical background of new type of atomic batteries – compact secondary emission radioisotope source of current which will have a number of various applications, for example, for usage at space devices. According to theoretical estimates, in this source of current the efficiency of the nuclear energy conversion to electric one may be very high, up to 30 %. Moreover, such battery will have advantages in the comparison with conventional one on the weight, sizes, the working temperature and on the safety in exploitation. For manufacturing this battery it is necessary to elaborate the new technology to produce hundreds current cells. Each current cell must contain metallic films and dielectric ones with film thickness about tens nanometers.

Введение

Существующие компактные источники электроэнергии в ряде приложений не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям вследствие следующих причин - низкого КПД, недостаточного срока службы, высоких рабочих температур либо по соображениям экологической безопасности. Поэтому возникает настоятельная необходимость в создании принципиально нового компактного источника электроэнергии, мощность которого могла бы колебаться от мВт, в случае источников для медицинских целей, до кВт при использовании в энергосистемах космических станций.

Проведенные научными группами в ННЦ ХФТИ (Харьков) и ИКИ РАН (Москва) разработки позволяют предложить для реализации новый тип батареи - вторично-эмиссионный радиоизотопный источник тока (ВЭРИИТ), основанный на неравновесной эмиссии сверхтепловых электронов. Этот процесс возможен при прохождении через тонкие металлические пленки быстрых ионов, например, α -частиц радиационного распада изотопов трансурановых элементов. За счет прямого преобразования ядерной энергии в электрическую ВЭРИИТ-источники тока будут иметь повышенный КПД. Они могут работать в экстремальных условиях, в частности, как система миниатюрных батарей для целей бортового питания космических аппаратов (КА), в труднодоступных районах Земли, в качестве экологически чистых источников энергии для кардиостимуляторов, в микроэлектронике и др.

В указанных приложениях они будут иметь лучшие рабочие характеристики, в частности, по эффективности, удельной энергоемкости, сроку службы по сравнению с существующими атомными батареями. Изготовление новых источников электроэнергии даст также стимул для развития технологий 21 века в области производства многослойных электрических структур из тонких металлических и диэлектрических пленок. Помимо упомянутых выше, ВЭРИИТ-батарея будет иметь следующие преимущества по сравнению с существующими радиоизотопными батареями: нет необходимости в высоких температурах; низкое рабочее напряжение, высокий к.п.д. преобразования кинетической энергии α -частиц в электричество; ВЭРИИТ взрыво и пожаро безопасен.

Физические основы батарей ВЭРИИТ

В основе работы батареи ВЭРИИТ заложено использование неравновесных, степенеподобных распределений энергичных, заряженных частиц. Образование мощного хвоста сверхтепловых электронов, порождаемых ионизацией вещества эмиттера батареи осколками деления радиоизотопов, летящих из изотопного слоя, позволяет весьма эффективно преобразовывать кинетическую энергию этих осколков в электрическую. Кроме того, как показали харьковские эксперименты, при указанных условиях происходит существенное увеличение вторичной эмиссии электронов из металлических и диэлектрических пленок.

Физическая схема реализации ВЭРИИТ состоит в следующем : быстрые альфа-частицы от изотопного слоя, проходя систему бинарных токовых ячеек, содержащих четыре пленки каждая, порождают ионизацию вещества пленок. За счет разницы в коэффициентах вторичной электронной эмиссии (ВЭЭ) из пленок бинарной ячейки имеет место зарядка слоев друг относительно друга до некоторого потенциала, определяемого характерной энергией эмиттирующих электронов. Параллельное соединение бинарных ячеек умножает ток в системе с нагрузкой. Предварительные теоретические оценки участников этих работ и проработка технологических возможностей реализации прибора показывают, что можно создать источник с высоким к.п.д. (порядка 10 % и более), с удельной энергоемкостью порядка 1кВт/кг. В качестве материала пленок бинарной ячейки могут служить медь и бериллий с коэффициентами вторичной эмиссии из одной пленки соответственно 5 и 30 электронов на одну альфа-частицу. К.п.д. преобразования возрастает с увеличением числа бинарных ячеек, размещаемых на длине пробега быстрых ионов. Оптимальная толщина каждой металлической пленки должна быть равна эффективной толщине слоя эмиссии.

Первый этап работ должен состоять в создании демонстрационного образца ВЭРИИТ. Это позволит реализовать технологию изготовления бинарных ячеек с внедренной радиоизотопной прослойкой, исследовать к.п.д. и другие параметры источника, оценить реальные конструктивные характеристики и выработать практические рекомендации по созданию экспериментального образца ВЭРИИТ на большие мощности (порядка ватта). На рис. 1 представлена схема данной батареи.

Приведем ориентировочные параметры демонстрационного образца ВЭРИИТ на основе изотопа полония ^{210}Po , включающего один слой изотопа: 1) масса изотопа $m_i = 0,1$ мг ; 2) толщина изотопного слоя $\ell_i = 0,01$ мкм; 3) площадь изотопного слоя $S_i = 10$ см² . Активность изотопного слоя будет равна $Q_i = 1.11 \times 10^9$ (α -частиц/сек). При этом электрическая мощность демонстрационного образца, при к.п.д. преобразования в 1%, будет равна $P_{\text{elec}} = 89$ мкВт. Напряжение батареи определяется характерной энергией эмиттирующих электронов и ожидается порядка 15 В.

Одна бинарная токовая ячейка батареи состоит из 4-х пленок изолятор-медь-изолятор-бериллий (в качестве изолятора может служить, например, керамика). Каждая пленка имеет толщину $\ell_{\text{Cu}} = 0,1$ мкм т.е. полная толщина бинарной ячейки $\ell_{\text{бя}} = 0,4$ мкм. С одной стороны от изотопного слоя на длине пробега α -частиц уложится 25 бинарных ячеек т.е. с обеих сторон - 50 штук. Расположение ячеек показано на рис. 1. Без радиационной защиты полная толщина комплекта составляет 20 мкм, масса не более 140 мг. Удельное тепловыделение в бинарных ячейках будет $P_{\text{тепл}} = 0,44$ Вт/см³. Ожидаемый поток α -частиц порядка 0.5 част./см³. Для достижения электрической мощности в 1 мВт необходимо 13 таких комплектов с общей массой изотопа $M_i = 1,3$ мг.

Принципиальным отличием предлагаемого ИЭ от термоэмиссионных является использование тонких ($\ell_{\text{Cu}} < 0.1$ мкм) металлических пленок. Благодаря этому, происходит существенное повышение преобразование энергии налетающих α -частиц в электрическую энергию за счет увеличения числа электронов эмитируемых с поверхности пленки.

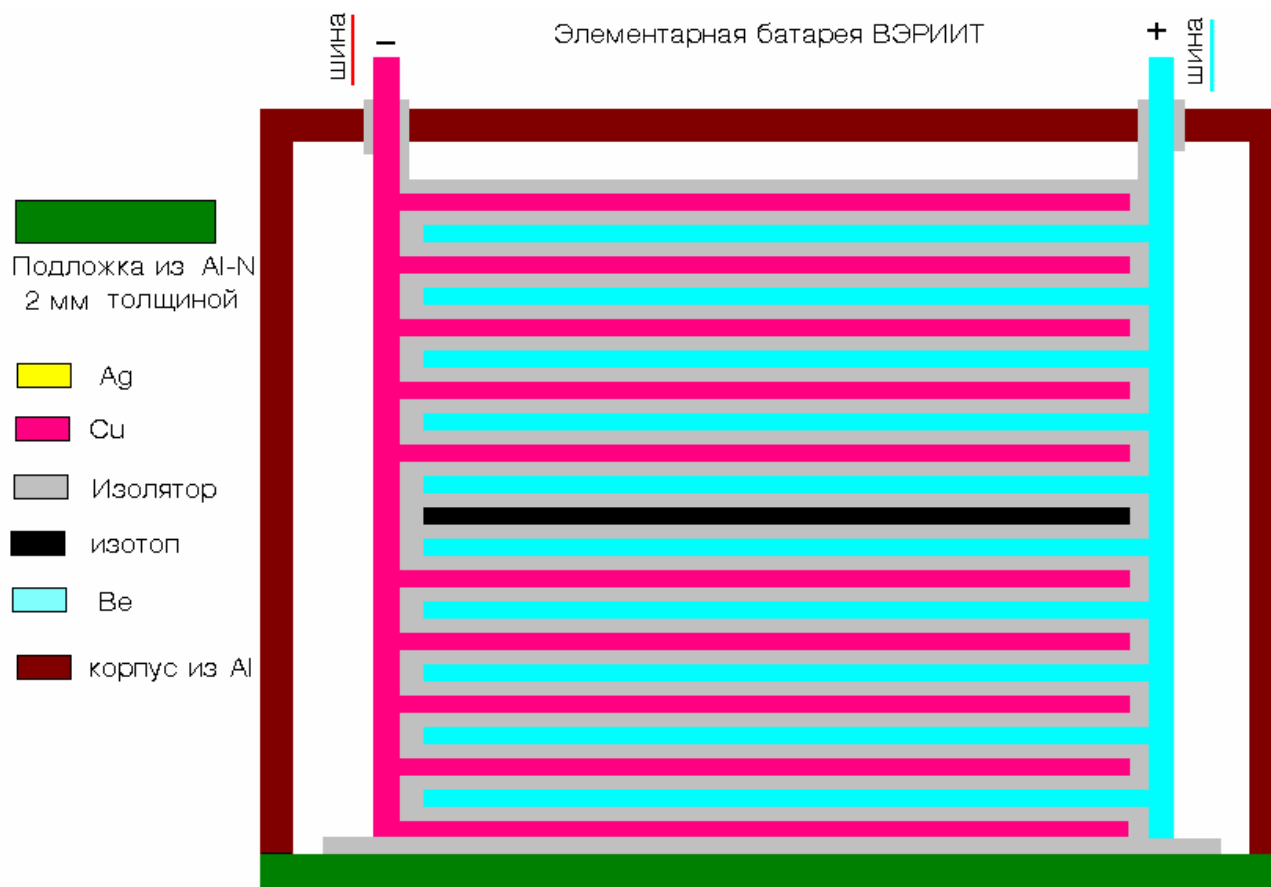


Рис. 1. Конструктивная схема эмиттера батареи ВЭРИИТ

При расчетах характеристик ВЭРИИТ необходимо знать эффективную тормозную способность эмиттера, содержащего тонкие пленки из различных материалов. На рис. 2 даны графики тормозной способности в случае токовой ячейки из пленок золота и серебра (аналитические аппроксимации экспериментальных данных). Затем на рис. 3 показана вычисленная эффективная тормозная способность эмиттера батареи, состоящего из тонких пленок алюминия и серебра равной толщины (аналитическая аппроксимация). При этом эффективный пробег альфа-частиц в эмиттере показан на рис. 4 (аналитическая аппроксимация). В частности, для начальной энергии альфа-частицы 5,3 МэВ ее пробег в таком эмиттере составляет 13,7 мкм.

Затем проводилось также моделирование вольт-амперной характеристики радиоизотопной, вторично-эмиссионной батареи с учетом внешней нагрузки с сопротивлением R при заданном потоке быстрых ионов через эмиттер J_α (част/с) для числа токовых ячеек эмиттера N_b при характерной энергии эмиттированных электронов ε_c (е заряд электрона).

По результатам проведенных расчетов на рис. 5 представлены графики (в нормированных величинах) рабочего напряжения (для одной ячейки батареи) u , тока в нагрузке $\mu \cdot u_m(\mu)$ и выделяемой в нагрузке мощности $\mu \cdot [u_m(\mu)]^2$ в зависимости от величины безразмерного параметра нагрузки $\mu = (\varepsilon_c / e^2 R J_\alpha N_b)$, который обратно пропорционален ее сопротивлению. В расчетах полагалось $\Delta = 10$, где Δ – полный выход вторичной электронной эмиссии из одной бинарной ячейки в расчете на одну проходящую через ячейку альфа-частицу.

Были проведены также численные расчеты зависимости нормированного тока в нагрузке $\mu \cdot u_m(\mu)$ от нормированного рабочего напряжения u_m . Результат представлен на рис.6.

В случае выбора $\Delta = 6$ численными расчетами определены зависимости характеристик батареи, а именно, рабочего напряжения, тока в нагрузке и выделяемой в ней мощности от параметра нагрузки μ . Результаты аналогичны изложенным выше.

Как видно из полученных графиков, в рассмотренной модели с ростом сопротивления нагрузки рабочий потенциал возрастает, однако ток и выделяемая в ней мощность убывают.

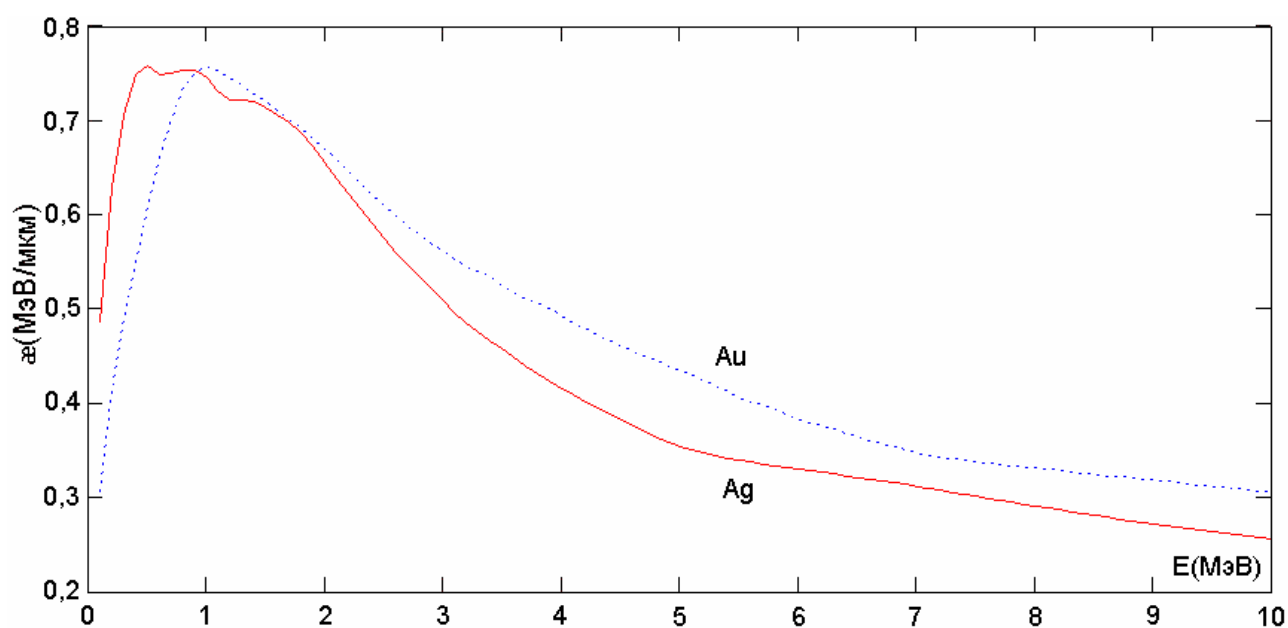


Рис. 2. Тормозные способности алюминия и серебра для альфа-частиц

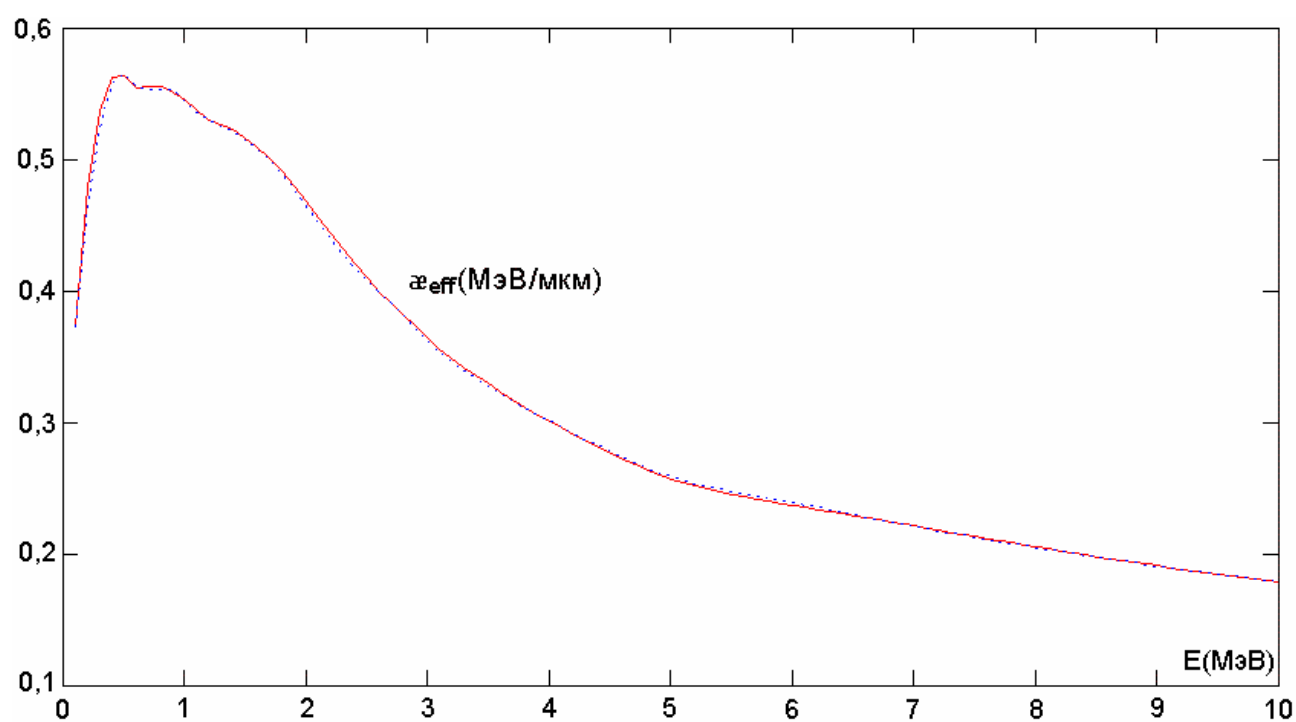


Рис. 3. Эффективная тормозная способность эмиттера батареи из алюминия и серебра для альфа-частиц

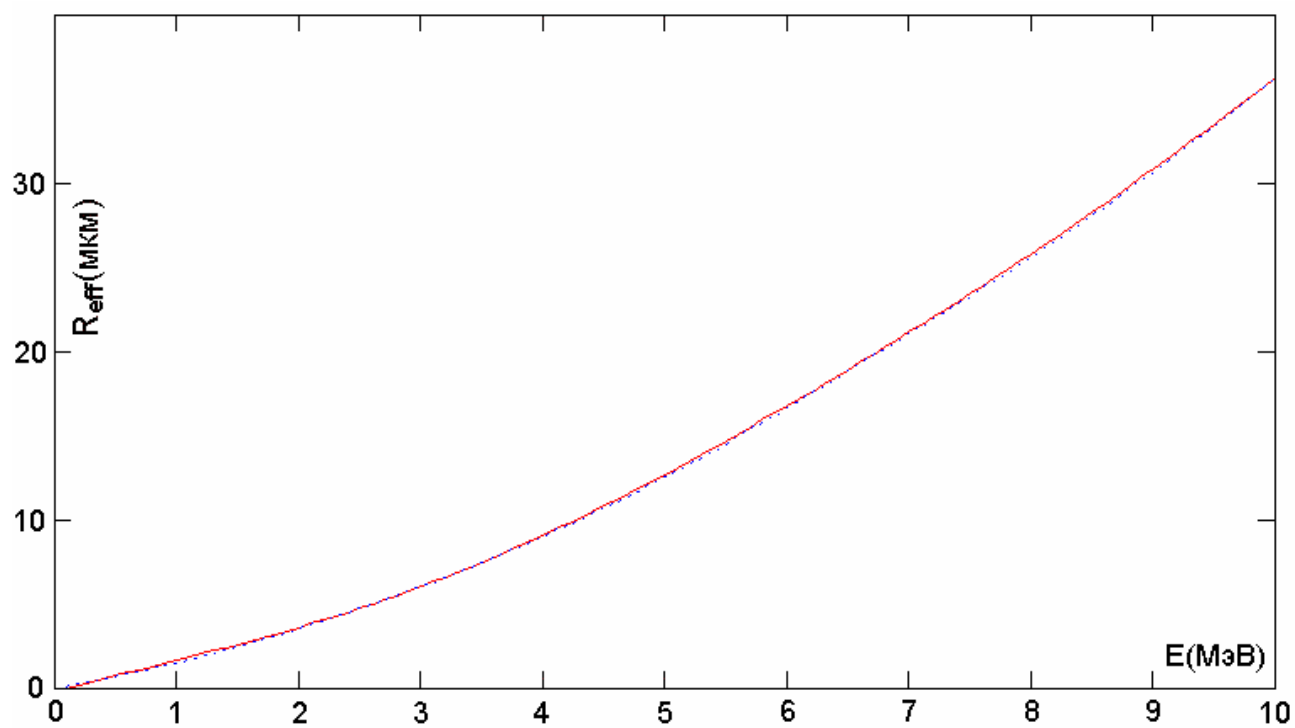


Рис. 4. Зависимость пробега альфа-частицы в эмиттере батареи от ее энергии

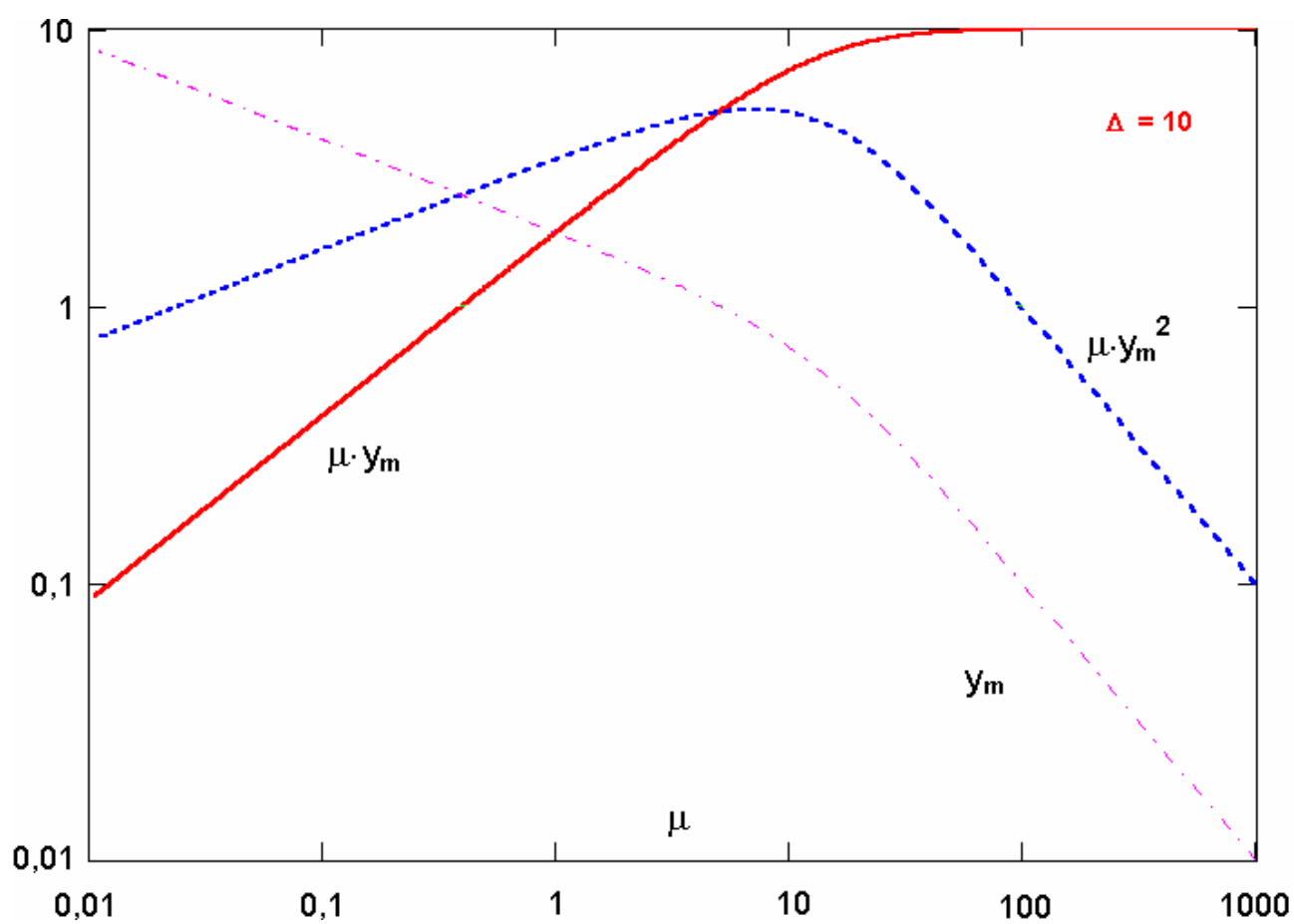


Рис. 5. Графики рабочего напряжения, тока в нагрузке и выделяемой мощности от параметра μ

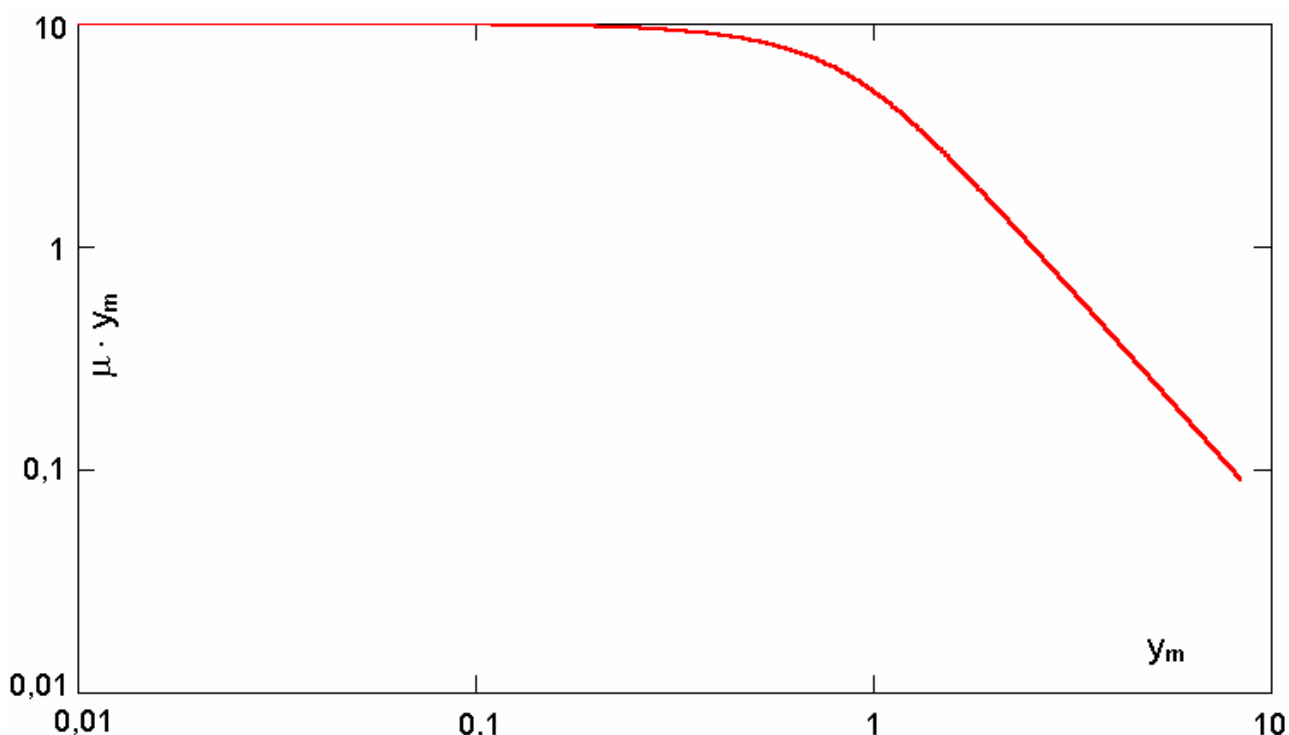


Рис. 6. Зависимости нормированного тока в нагрузке от нормированного рабочего напряжения

Заключение

Результаты проведенного анализа в настоящей работе можно вкратце суммировать следующим образом.

1. Проведен анализ работы радиоизотопной батареи нового типа с повышенным к.п.д. прямого преобразования ядерной энергии в электрическую, которая весьма перспективна для космических и других приложений.

2. Для анализа замедления и релаксации быстрых альфа-частиц и сверхтепловых электронов в пленках разработаны аппроксимационные формулы, описывающие тормозные способности материалов эмиттера, эффективный пробег ионов гелия, среднюю длину свободного пробега вторичных электронов. Оценено максимальное число бинарных ячеек в эмиттере.

3. Рассмотрены модели вольт-амперной характеристики батареи ВЭРИИТ в том числе определены рабочее напряжение, ток насыщения и выделяемая в нагрузке мощность в зависимости от параметров системы.

4. Рассмотрены возможности увеличения тока и оптимизации рабочих характеристик вторично-эмиссионной радиоизотопной батареи.

Результаты проведенных исследований будут использованы в численном моделировании работы эмиттера, оптимизации его характеристик и выработке рекомендаций по созданию эмиттера.

ОБ УСКОРЕНИИ ЗАРЯДОВ ПРИ СЕРФИНГЕ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛНАХ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ

Николай Ерохин¹, Надежда Зольникова¹, Стилян Луков², Костадин Шейретски²

¹Институт космических исследований – Российская академия наук

²Институт космических исследований – Болгарская академия наук
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru

ON CHARGED PARTICLES SURFATRON ACCELERATION IN SPACE PLASMAS

Nikolay Erokhin¹, Nadezhda Zolnikova¹, Stiliyan Lukov², Kostadin Sheiretsky²

¹Space Research Institute – Russian Academy of Sciences

²Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Ключевые слова: Космическая плазма, электромагнитные волны, ускорение заряженных частиц, серфинг, нелинейное уравнение, захват частиц, фаза волны на траектории частицы, релятивистский импульс заряда

Key words: Space plasma, electromagnetic waves, charged particles acceleration, surfatron, nonlinear equation, trapping of particles, wave phase on the particle trajectory, relativistic impulse of charge

Аннотация: Рассмотрено ультрарелятивистское ускорение заряженных частиц электромагнитными волнами конечной амплитуды в космической плазме (так называемое серфотронное ускорение зарядов). Используя релятивистские уравнения заряда получены интегралы движения. Далее задача сводится к анализу нелинейного, нестационарного уравнения второго порядка для фазы волны на траектории частицы, которое решается численно. Целью работы является исследование влияния другой электромагнитной волны с отличающейся фазовой скоростью на захват и последующее ускорение заряда. Показано, что влияние второй волны несущественно при выполнении некоторых условий на исходные параметры задачи. Так сильное ускорение заряда первой волной имеет место, если при сравнимых амплитудах волн различие их фазовых скоростей достаточно велико.

Abstract: It is considered the highly relativistic acceleration of charged particles by finite amplitude electromagnetic wave in space plasmas (so-called the surfatron mechanism of charges acceleration). Using relativistic equations for accelerated charge the integral motion is obtained. Then the problem considered is reduced to the analysis of second order nonstationary, nonlinear equation for the wave phase at the particle trajectory which is solved by numerically. The purpose of this paper is to study the influence of other wave mode with different phase velocity on charge capture and following acceleration. It is shown that such influence may be negligible if some conditions on incoming wave parameters are fulfilled. So the strong particle acceleration by electromagnetic wave will occurred if the wave modes with comparable amplitudes have the phase velocity difference large enough.

Введение

Исследование механизмов формирования потоков ультрарелятивистских частиц входит в число актуальных задач астрофизики и представляет интерес для проблемы генерации космических лучей. Одним из главных механизмов формирования потоков ультрарелятивистских частиц является серфинг зарядов на электромагнитных волнах в космической плазме [1-4]. Для оценок числа ускоренных частиц, их максимальной энергии и энергетических спектров необходим, в частности, анализ условий захвата заряженных частиц в режим сильного ускорения, эффективности ускорения при воздействии пакетов из волн конечной амплитуды.

В настоящем сообщении изложены результаты численных расчетов захвата и сильного ускорения зарядов в магнитоактивной плазме при воздействии двух электромагнитных волн конечной амплитуды. Считая амплитуды волн заданными и постоянными, а также учитывая вихревые компоненты волновых полей и интегралы движения для ускоряемых заряженных частиц задача сведена к анализу нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка диссипативного типа для фазы первой волны на траектории частицы. Волны распространяются поперек достаточно слабого внешнего магнитного поля. Амплитуды волн и их частоты полагаются близкими. Численные

расчеты показали, что при соответствующей разнице фазовых скоростей волн влияние второй моды сравнительно невелико и ослабевает по мере ускорения частицы, захваченной первой модой. В этих условиях влияние второй моды на темп ускорения заряда несущественно.

Из проведенного анализа следует необходимость изучения возможных параметрических эффектов, зависимости захвата и последующего ускорения от всей совокупности исходных параметров волнового пакета. Можно ожидать, что при некоторых условиях наличие второй моды будет способствовать серфингу зарядов на волнах.

Основные уравнения и их исследование

С точки зрения пренебрежения нелинейными эффектами для ускоряющих волн будем полагать, что амплитуды волн заметно ниже характерного поля релятивистской нелинейности (т.е. выполнено условие $\sigma = e E_0 / m c \omega \ll 1$) поскольку захват частиц в режим серфотронного ускорения происходит в случае $\sigma > u \gamma_p = u / (1 - \beta_p^2)^{1/2}$. Пусть $\Psi_1 = \omega_1 t - k_1 x$, $\Psi_2 = \omega_2 t - k_2 x + \varphi$, $\tau = \omega_1 t$, $\xi = k_1 x$. Имеем связь $d\Psi_1 / d\tau = 1 - (\beta_x / \beta_{p1})$ т.е. выполняются соотношения

$$(1) \quad \beta_x = \beta_{p1} [1 - (d\Psi_1 / d\tau)], \quad \Psi_2 = \Psi_1 \delta + (\alpha - \delta) \tau + \tau, \quad d\Psi_2 / d\tau = \alpha (1 - N_2 \beta_x),$$

$$N_2 = c k_2 / \omega_2, \quad \alpha = \omega_2 / \omega_1, \quad \delta = k_2 / k_1, \quad \beta_{p1} = 1 / N_1.$$

Здесь N_1, N_2 показатели преломления плазмы на частотах волн. При взаимодействии заряда с двумя волнами электромагнитные поля этих волн берем в виде

$$(2) \quad E_x = E_{01} \cos \Psi_1 + E_{02} \cos \Psi_2, \quad E_y = \chi_1 E_{01} \sin \Psi_1 + \chi_2 E_{02} \sin \Psi_2,$$

$$H_z = N_1 \chi_1 E_{01} \sin \Psi_1 + N_2 \chi_2 E_{02} \sin \Psi_2,$$

где $\chi_1 = \varepsilon_{\perp 1} / \varepsilon_{c1}$, $\chi_2 = \varepsilon_{\perp 2} / \varepsilon_{c2}$, параметр χ характеризует непотенциальную часть электрического поля волны, $\varepsilon_{\perp}$, ε_c компоненты тензора диэлектрической проницаемости плазмы.

Вводим безразмерные: скорость ускоряемого заряда $\beta = v / c$, амплитуды волн $\sigma_1 = e E_{01} / m c \omega_1$, $\sigma_2 = e E_{02} / m c \omega_2$. Заметим, что имеет место соотношение $\beta_x = \beta_{p1} [1 - (d\Psi_1 / d\tau)]$.

Безразмерный импульс электрона равен $p / m c = \gamma \beta$, где $\gamma = 1 / (1 - \beta^2)^{1/2}$ - релятивистский фактор частицы. Теперь релятивистские уравнения движения заряда в поле двух волн, распространяющихся в плазме поперек внешнего магнитного поля, имеют вид

$$d(\gamma \beta_x) / d\tau = -(\sigma_1 \cos \Psi_1 + \alpha \sigma_2 \cos \Psi_2) - (\sigma_1 N_1 \chi_1 \sin \Psi_1 + \alpha \sigma_2 N_2 \chi_2 \sin \Psi_2) \beta_y - u_1 \beta_y,$$

$$d(\gamma \beta_y) / d\tau = -(\sigma_1 \chi_1 \sin \Psi_1 + \alpha \sigma_2 \chi_2 \sin \Psi_2) + (\sigma_1 N_1 \chi_1 \sin \Psi_1 + \alpha \sigma_2 N_2 \chi_2 \sin \Psi_2) \beta_x + u_1 \beta_x,$$

$$(3) \quad d(\gamma \beta_z) / d\tau = 0, \quad \gamma \beta_z = \text{const}, \quad \beta_x = \beta_{p1} [1 - (d\Psi_1 / d\tau)].$$

$$d\Psi_2 / d\tau = \alpha (1 - N_2 \beta_x), \quad d\Psi_1 / d\tau = (1 - N_1 \beta_x).$$

Приведем также выражения для главных характеристик волн через стандартные параметры плазмы $u = \omega_{He} / \omega$, $v = (\omega_{pe} / \omega)^2$, где ω_{pe} , ω_{He} ленгмюровская и циклотронная частоты электронов. Таким образом имеем формулы:

$$\beta_{p1} = (u_1^2 + v_1 - 1)^{0.5} / [(1 + u_1 - v_1) \cdot (u_1 + v_1 - 1)]^{0.5}, \quad u_1 = \omega_{He} / \omega_1, \quad v_1 = (\omega_{pe} / \omega_1)^2.$$

Следовательно, $v_1 = 1 - 2 \cdot u_1^2 \cdot (1 - \beta_{p1}^2) / [1 - 4 \cdot u_1^2 \cdot \beta_{p1}^2 \cdot (1 - \beta_{p1}^2)]^{0.5}$, Для второй волны записываем $v_2 = v_1 / \alpha^2$, $u_2 = u_1 / \alpha$, $N_2^2 = [(1 - v_2)^2 - u_2^2] / (1 - u_2^2 - v_2)$ или выражая через v_1, u_1 получаем

$$N_2^2 = 1 + v_1 (\alpha^2 - v_1) / [\alpha^2 (u_1^2 + v_1 - \alpha^2)], \quad v_1 < \alpha^2 < u_1^2 + v_1, \quad \beta_{p2} < 1,$$

$$\chi_1 = (1 - v_1 - u_1^2) / u_1 v_1, \quad \chi_2 = \alpha \cdot (\alpha^2 - v_1 - u_1^2) / u_1 v_1, \quad \delta = \alpha \cdot \beta_{p1} / \beta_{p2}, \quad \beta_{p2} = 1 / N_2.$$

Из условия $\beta_{p2} < 1$ (фазовая скорость второй моды меньше скорости света в вакууме) следует допустимый интервал изменения параметра α : $v_1 < \alpha^2 < u_1^2 + v_1$. Система уравнений (3) имеет

интегралы движения

$$h = \gamma \cdot \beta_z = \text{const},$$

$$J = \gamma \cdot \beta_y + u_1 \cdot \beta_{p1} \cdot (\Psi_1 - \tau) - \sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot \cos \Psi_1 - \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot \cos \Psi_2 = \text{const}.$$

Отсюда можно получить выражения для у-компоненты скорости и релятивистского фактора частицы:

$$\beta_y = [J + u_1 \cdot \beta_{p1} \cdot (\tau - \Psi_1) + \sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot \cos \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot \cos \Psi_2] / \gamma, \gamma = (1 + h^2 + r^2)^{0.5} / (1 - \beta_x^2)^{0.5},$$

$$r \equiv J + u_1 \cdot \beta_{p1} \cdot (\tau - \Psi_1) + \sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot \cos \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot \cos \Psi_2.$$

В итоге из (3) находим уравнение для фазы первой волны на траектории заряженной частицы

$$(4) \quad d^2 \Psi / d\tau^2 + A_1 \cdot (\sigma_1 \cdot \cos \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \cos \Psi_2) + A_2 \cdot S = 0,$$

$$A_1 = (\beta_x^2 - 1) / \gamma \cdot \beta_{p1}, A_2 = \beta_y / \gamma \cdot \beta_{p1}, S = \sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot (\beta_x - N_1) \cdot \sin \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot (\beta_x - N_2) \cdot \sin \Psi_2.$$

Как видим из (4), динамика захвата и последующего ускорения зарядов волнами описывается нелинейным, нестационарным уравнением. Поэтому для его анализа необходимо использовать численные расчеты. Поскольку имеется несколько свободных параметров задача является весьма трудоемкой и ниже изложены только некоторые случаи изучаемого процесса.

В численных расчетах поступаем следующим образом. Задаем параметры первой моды, собственно $u_1, \beta_{p1}, \sigma_1$. Затем варьируя параметры α, σ_2 подбираем параметры второй моды и проводим численные расчеты. Из физических соображений ясно, что при достаточно большой разнице фазовых скоростей волн вторая мода не будет препятствовать захвату и ускорению частиц первой модой поскольку ее воздействие носит быстроосциллирующий характер. В данной работе изучается случай захвата в режим сильного ускорения первой модой релятивистской частицы т.е при $h \gg 1$.

Рассмотрим вариант 1 выбора исходных параметров задачи. Для параметров первой моды было взято $v_1 = 0.9923526$, $u_1 = 0.2$, $\beta_{p1} = 0.9$, $\gamma_{p1} = 1.15471$, $\sigma_1 = 0.25404$, $\chi_1 = -0.16301$, $h = 100$, $g_y(0) = 0$, $\Psi_1(0) = 1.2$, $\varphi = \pi$, где $g_y = \gamma \beta_y$. По порогу захвата заряда в режим сильного ускорения превышение в данном варианте составило 10 % (для амплитуды первой моды) т.е. $\sigma_1 = 1.1 \sigma_c$, где $\sigma_c = u_1 \gamma_{p1}$. Фазовая скорость второй моды ниже скорости света, например, при значении параметра $\alpha = 1.0036$. Тогда для второй моды получаем $\beta_{p2} = 0.79496$, $\chi_2 = -0.127123$, $v_2 = 0.98525$, $u_2 = 0.19928$, $\sigma_2 = 0.5029$, $\delta = 1.13621$, $J = 0.2326$. Амплитудный параметр второй моды $v = E_{02} / E_{01}$ был взят равным $v = 1$.

Расчеты показали, что в рассматриваемом случае вторая мода не препятствует захвату и последующему ультрарелятивистскому ускорению заряда первой волной. Для иллюстрации на рис.1 приведен график фазы первой моды $\Psi_1(\tau)$ на траектории частицы, который подтверждает это. С течением времени фаза Ψ_1 медленно стремится к некоторому асимптотическому значению. Динамика компонент импульса заряда и его релятивистского фактора дана на рис.2, а компонент скорости частицы на рис.3 и рис.4. Как видим, наибольшее ускорение идет по направлению x , компонента скорости β_y выходит на больших временах на асимптотическое значение $1 / \gamma_{p1}$, а компонента скорости $\beta_z(\tau)$ в силу сохранения импульса частицы вдоль оси стремится к нулю.

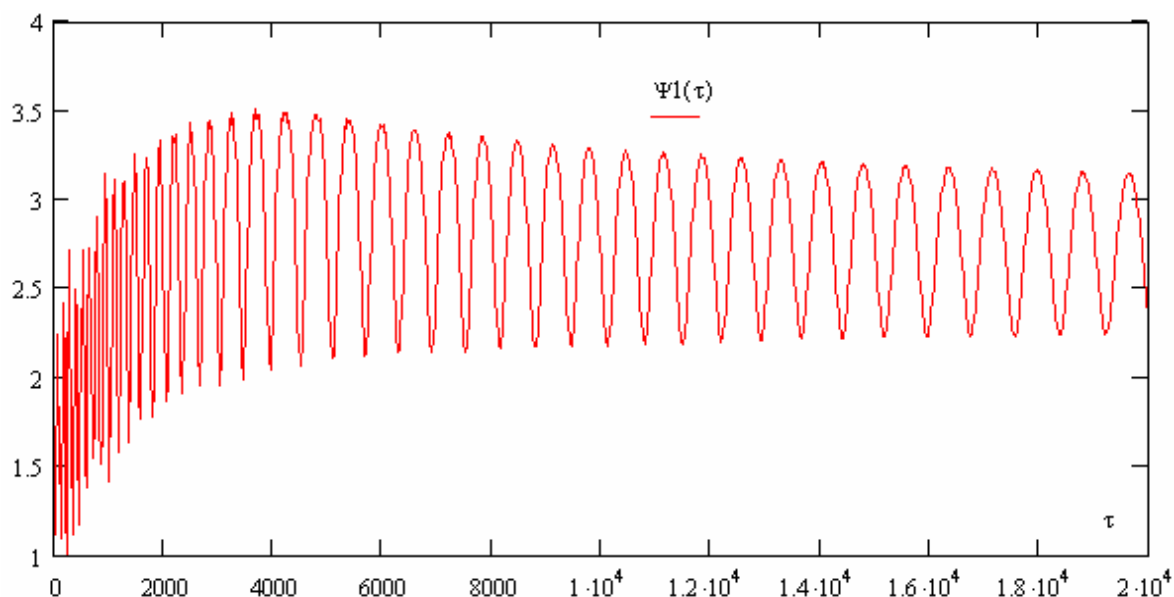


Рис. 1. Фаза первой моды $\Psi_1(\tau)$ траектории частицы

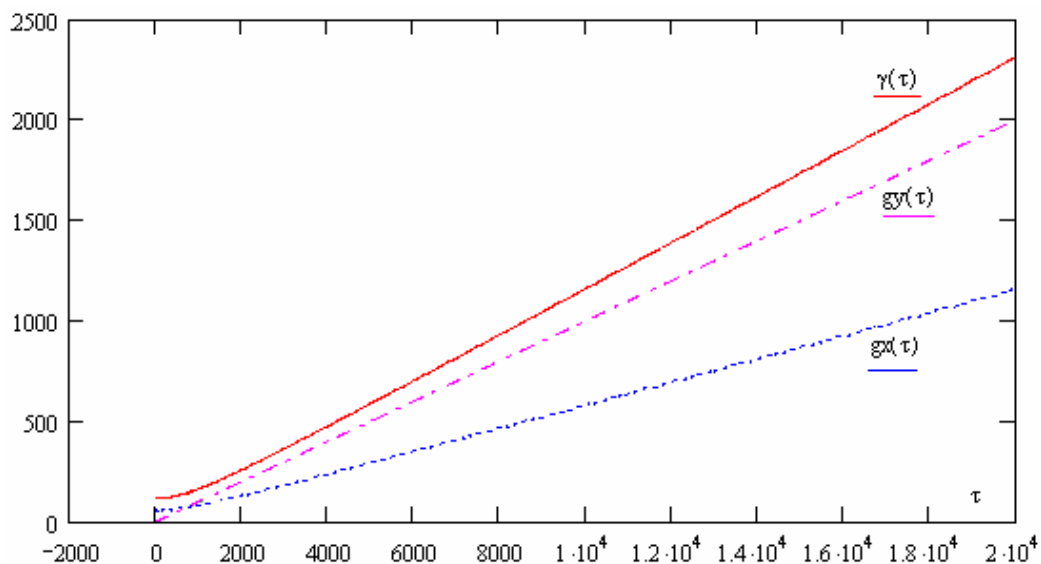


Рис. 2. Динамика компонент импульса заряда и его релятивистского фактора

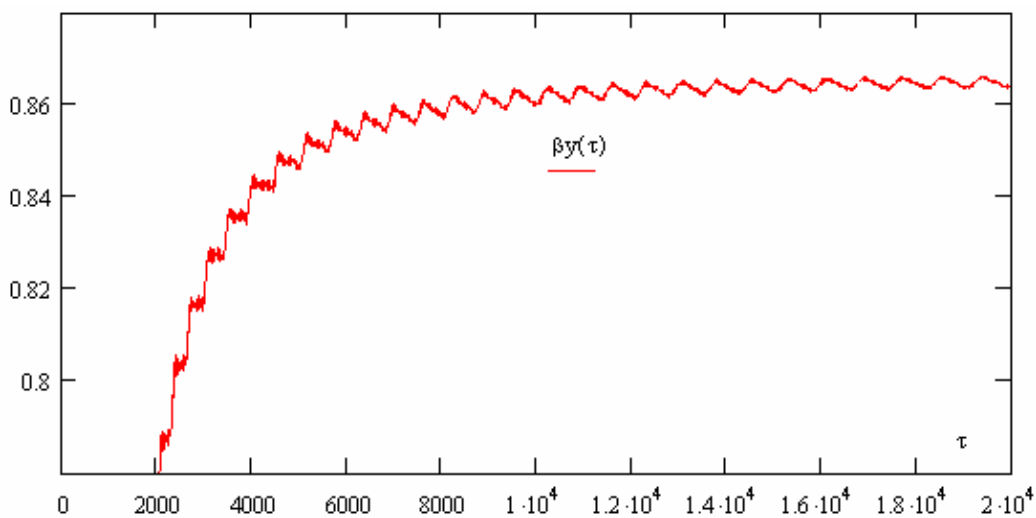


Рис. 3. Компонента скорости β_y на больших временах выходит на асимптотическое значение $1 / \gamma_{p1}$

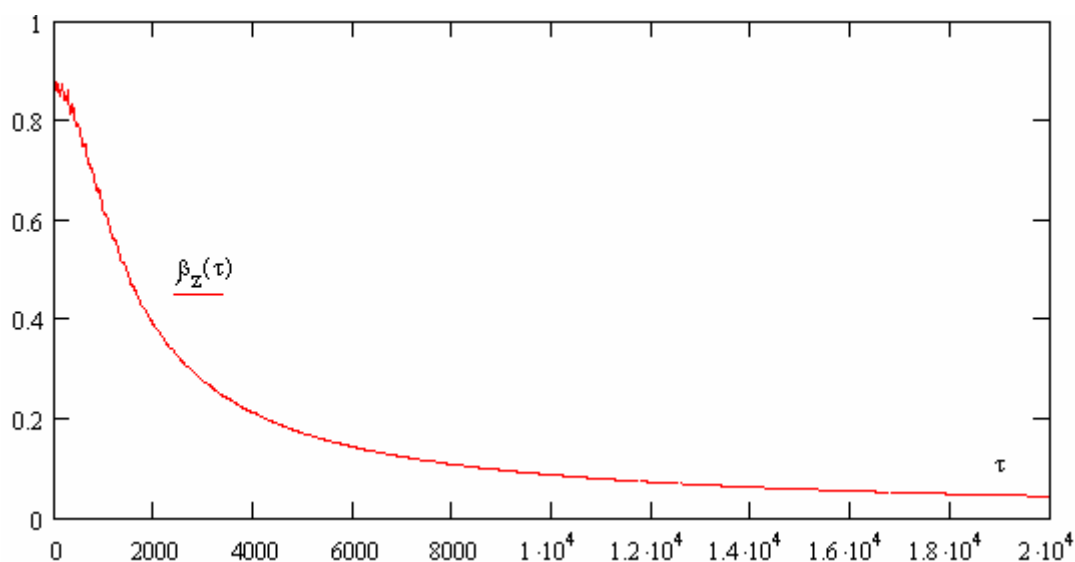


Рис. 4. Компонента скорости $\beta_z(\tau)$ стремится к нулю

Были рассмотрены и другие варианты выбора исходных параметров задачи. Расчеты показали, что при наличии второй моды с определенными параметрами захват заряда в режим ускорения первой модой может отсутствовать. В этих случаях сильное влияние второй моды было обусловлено весьма малой разницей фазовых скоростей волн и сравнимыми амплитудами мод. Таким образом серфинг зарядов на электромагнитной волне конечной амплитуде может не реализоваться при наличии волн-сателлитов с малой отстройкой от основной моды по фазовой скорости.

Заключение

В работе изложены результаты численных расчетов захвата и сильного ускорения зарядов в магнитоактивной плазме при воздействии двух электромагнитных волн конечной амплитуды. Задача сведена к анализу нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка диссипативного типа для фазы первой волны на траектории частицы. Волны распространяются поперек достаточно слабого внешнего магнитного поля. Амплитуды волн и их частоты полагаются близкими.

Численные расчеты показали, что при соответствующей разнице фазовых скоростей волн влияние второй моды сравнительно невелико и ослабевает по мере ускорения частицы, захваченной первой модой. В этих условиях влияние второй моды на темп ускорения заряда незначительно. Следовательно, генерация потоков ускоренных частиц за счет механизма серфинга возможна и при взаимодействии зарядов с пакетами из волн конечной амплитуды при условии достаточного разделения фазовых скоростей мод в пакете. Однако при достаточной близости фазовых скоростей волн захват заряда в режим сильного ускорения отсутствует.

Из выполненного анализа следует также необходимость изучения возможных параметрических эффектов, зависимости захвата и последующего ускорения от всей совокупности исходных параметров волнового пакета. Можно ожидать, что при некоторых условиях наличие второй моды будет способствовать серфингу зарядов на волнах.

Литература

1. Katsouleas N., J. Dawson. Physical Review Letters, 1983, v. 51, № 5, p. 392.
2. Грибов Б.Э., Р.З. Сагдеев, В.Д. Шапиро, В.И. Шевченко. Письма в ЖЭТФ, 1985, т. 42, вып. 2, с. 54.
3. Ерохин Н.С., С.С. Моисеев, Р.З. Сагдеев. Письма в Астрономический журнал, 1989, т. 15, № 1 с. 3.
4. Кичигин Г.Н. ЖЭТФ, 2001, т. 119, вып. 6, с. 1038.

ГЕНЕРАЦИЯ СПИРАЛЬНЫХ СТРУКТУР В ПРИСУТСТВИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР В АТМОСФЕРНОЙ ГРОЗОВОЙ ОБЛАЧНОСТИ

Николай Ерохин¹, Сергей Артеха¹, Людмила Михайловская¹, Румен Шкевов²

¹Институт космических исследований – Российская академия наук

²Институт космических исследований – Болгарская академия наук
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru

SPIRAL STRUCTURES GENERATION IN THE PRESENCE OF ELECTRIC STRUCTURES IN CLOUDY ATMOSPHERE

Nikolay Erokhin¹, Sergey Arteha¹, Ludmila Mikhailovskaya¹, Roumen Shkevov²

¹Space Research Institute – Russian Academy of Sciences

²Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru

Ключевые слова: Пространственные распределения электрических полей, генерация спиральности, атмосферные вихри, профили электрического потенциала, объемная плотность заряда, профили вертикального электрического поля, грозовая облачность

Key words: Electric fields spatial distributions, spiral generation, atmospheric vortexes, electric potential structures, charge volume distribution, vertical electrical field profile, storm overcast

Аннотация: Экспериментальные наблюдения свидетельствуют о наличии в интенсивных атмосферных вихрях протяженных заряженных областей и сильных электрических полей, которые необходимо учитывать при моделировании динамики ТЦ включая генерацию спиральности. При этом для численных расчетов требуются пространственные распределения электрических полей и плотностей зарядов. В настоящем докладе представлены результаты аналитических аппроксимаций некоторых измерений высотного профиля вертикального электрического поля в грозовой облачности атмосферы, что представляет интерес для численных расчетов вклада электрических структур вихря в генерацию и устойчивое поддержание неоднородных спиральных ветровых движений. Была выполнена оцифровка данных по высотному профилю вертикального электрического поля, затем получена аналитическая аппроксимация экспериментальной кривой в классе локализованных функций и на ее основе определены высотные профили электрического потенциала и объемной плотности заряда. В области тропосферы перепады потенциала составили величину порядка сотен МэВ, а объемные плотности заряда – порядка десятков нКл / м³.

Abstract: The experimental observations manifest an existence inside intensive atmospheric vortexes of extended charged areas and strong electrical fields, which is necessary to take into account for modeling process of the tropical cyclone dynamics, including spiral generation. Moreover, in numerical calculations of electric fields spatial distributions and charges density are required. Analytical approximations, results of some high-altitude profile measurements of the vertical electrical field in atmosphere storm overcast are presented. It is very interesting for the numerical calculations of contribution of the vortex electrical structures in generation and steady maintenance of non-uniform spiral wind movements. The data digitization of high-altitude vertical electric field profile has been made. Then the experimental curve of analytical approximation in a class of localized functions is received. On that base a high-altitude profile of electric potential and charge volume distribution are determined and plotted. The amplitude of the potential differences in troposphere are in order of hundreds MeV and charge volume distribution - in order of tens nC/m³.

Содержание работы

На изучение природы ураганов, тайфунов, тропических циклонов (ТЦ) и других кризисных атмосферных процессов во многих странах мира выделяется значительное количество сил и средств, а на устранение последствий данных стихийных бедствий – еще больше. Несмотря на имеющийся прогресс в области исследования ТЦ, ситуация остается далекой от создания исчерпывающей алгоритмической теории, не говоря уже о возможности влияния на генезис ТЦ (его траекторию, другие характеристики). Кроме того, экспериментальные наблюдения свидетельствуют о наличии в

структуре ТЦ и торнадо протяженных заряженных областей и сильных электромагнитных полей. Следовательно, все характеристики вихрей надо рассматривать самосогласованно.

Однако исследования атмосферного электричества выделены в отдельную область, рассматриваемую как частное следствие погодных явлений.

Отметим, что микрофизические процессы в облаках могут быть инициированы космическим излучением. Так несмотря на малость потока космических лучей по сравнению с электромагнитным излучением Солнца (на 8 порядков), они играют важную роль как источник ионизации на высотах от 3 км до 35 км поскольку продуцируют образование ионов, влияющих на электрические свойства атмосферы, образование грозových облаков, глобальную электрическую цепь. Отметим также, что солнечная активность модулирует поток космических лучей.

Для организации численных расчетов электрогидродинамических уравнений вихря и уравнений для генерации спиральности, необходимо знать пространственные распределения электрических полей и плотностей зарядов. Это можно выполнить с помощью аналитических аппроксимаций данных, полученных из наземных, самолетных и спутниковых измерений.

Поскольку нас интересует прежде всего крупномасштабная структура движений, поэтому и плотности зарядов и поля могут браться сглаженными по некоторым характерным масштабам. Однако мелкомасштабная структура, характеризующая локальные быстро пульсирующие изменения параметров, также будет давать усредненные нелинейные вклады в корреляторы уравнений движения атмосферы и тем самым влиять на динамику крупномасштабных движений.

В настоящей работе на основе имеющихся экспериментальных данных была выполнена оцифровка графического материала (вертикальные профили электрического поля) и разработаны аналитические аппроксимации для вертикальных профилей электрического поля плазменных подсистем крупномасштабного вихря в области высот до 16 км. Затем были проведены расчеты вертикального профиля объемной плотности электрического заряда и возникающих электрических потенциалов.

Характерные объемные плотности электрического заряда в грозовой облачности оказались в диапазоне от единиц до десятков нанокулон на кубический метр, а возникающие электрические потенциалы менялись в диапазоне от единиц до сотен МВ. Следует заметить, что объемные плотности электрического заряда могут быть больше на один-три порядка величины.

Полученные результаты могут быть использованы в целях последующих исследований электромагнитных механизмов генерации вращения и формирования спиральных движений в крупномасштабных вихрях включая тропические ураганы.

Проводимые исследования важны для понимания наблюдаемой динамики формирования ТЦ, разработки методик прогнозирования опасных природных явлений и технологий мониторинга зон тайфуногенеза, а также для поиска возможностей воздействия на развитие кризисных атмосферных процессов.

При построении аналитических аппроксимаций для электрических характеристик грозовой облачности атмосферы использовались данные измерений электрического поля в грозовой облачности над территорией США.

Так на рис.1 приведен типичный вертикальный профиль измеренного электрического поля $E(z)$ в области высот $z \in (3,21 \div 5,63)$ км. Максимальные напряженности в данном случае были порядка 50 кВ/м. Отметим сильную мелкомасштабную изменчивость поля $E(z)$ на вертикальных масштабах порядка десятков метров. При оцифровке графика на рис.1 для учета мелкомасштабных вариаций электрического поля было использовано 110 неравномерно распределенных точек. График поля $E_a(z)$ по результатам оцифровки дан на рис.2. Аналитическая аппроксимация электрического поля искалась в виде следующего набора локализованных функций: $E_a(z) = \sum_n g_n(z)$, где $g_n(z)$ локализованные в окрестности некоторых высот функции.

Всего было использовано 11 таких функций, в частности,

$$g_2(z) = 12,4 / [1 + (10 \cdot z - 54,3)^2], \quad g_{11}(z) = \sum_m A_m / [1 + \chi_m (10 \cdot z - c_m)^2],$$

где суммирование по m происходит в интервале $1 \leq m \leq 6$, $A_1 = 4$,

$$A_2 = -3, A_3 = 3, A_6 = -4,3, A_4 = A_5 = 2,5, \chi_1 = \chi_2 = \chi_3 = 200, \chi_4 = \chi_6 = 300,$$

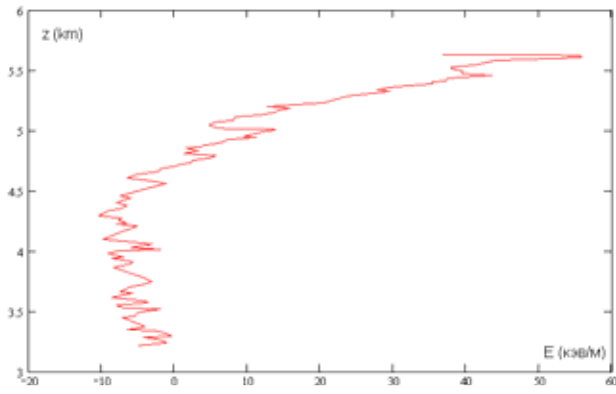


Рис. 1. Вертикальный профиль измеренного электрического поля $E(z)$ в области высот $z \in (3,21 \div 5,63)$ km

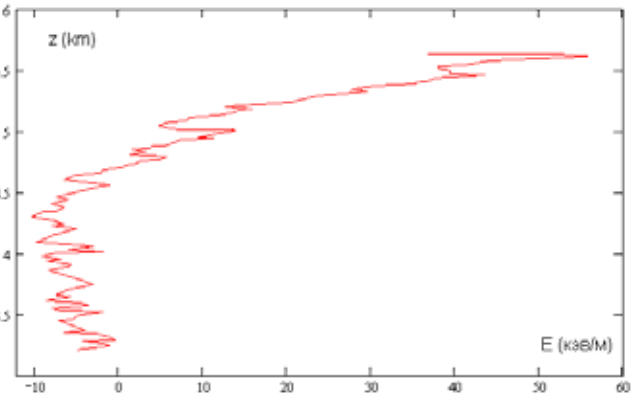


Рис. 2. График поля $E_a(z)$ по результатам оцифровки

$$\chi_5 = 100, c_1 = 47,7, c_2 = 45,06, c_3 = 45,55, c_4 = 53,26, c_5 = 51,5, c_6 = 52.$$

В целях сравнения и демонстрации качества аппроксимации графики экспериментально измеренного поля $E(z)$ и его аналитической аппроксимации $E_a(z)$ представлены на рис.3. Как видим, с учетом погрешности измерений, получилось довольно хорошее соответствие кривых. На основе разработанной аналитической аппроксимации $E_a(z)$ были вычислены высотный профиль перепада электрического потенциала и объемная плотность электрического заряда исходя из следующих формул:

$$\delta U(z) = \int_h^z dz' E_a(z'), \quad \rho(z) = -(1 / 36 \pi) dE_a(z) / dz,$$

где поле E измеряется в keV / m, высота z в km, перепад потенциала $\delta U(z)$ в МВ, а объемная плотность электрического заряда $\rho(z)$ в нКл / м³. Графики $\delta U(z)$ и $\rho(z)$ представлены на рис.4, рис.5 и рис.6. В рассматриваемом случае максимальная величина перепада электрического потенциала порядка 10 МэВ, характерное значение объемной плотности электрического заряда порядка единиц нКл / м³ с максимумом в верхней части слоя порядка 20 нКл / м³. Важно иметь в виду, что в грозовой облачности наблюдаются и гораздо большие (на один-три порядка величины) объемные плотности электрического заряда. Отметим достаточно плавный профиль потенциала $\delta U(z)$ и сильные мелкомасштабные флуктуации объемной плотности заряда $\rho(z)$.

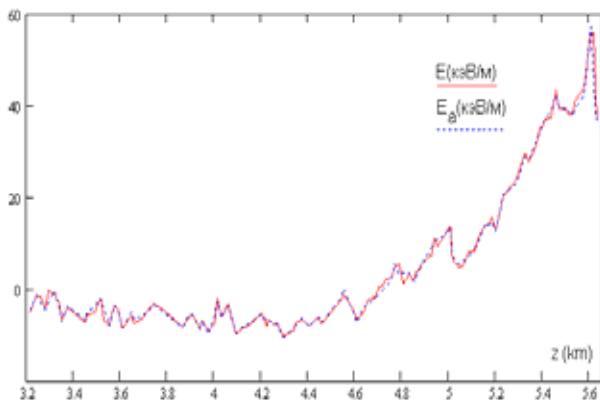


Рис. 3. Экспериментально измеренное поле $E(z)$ и его аналитической аппроксимации $E_a(z)$

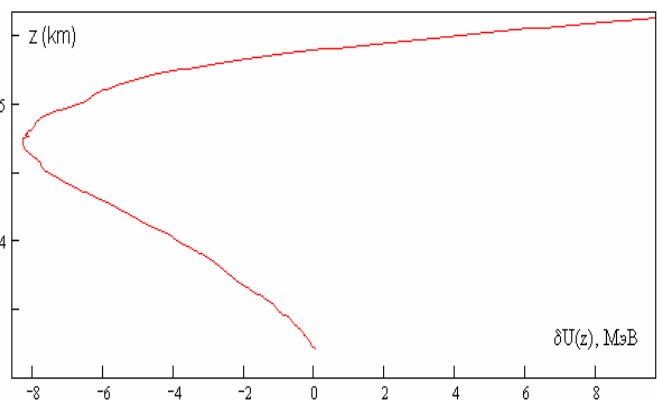


Рис. 4. Перепад потенциала $\delta U(z)$ в МВ в зависимости от высоты z в km.

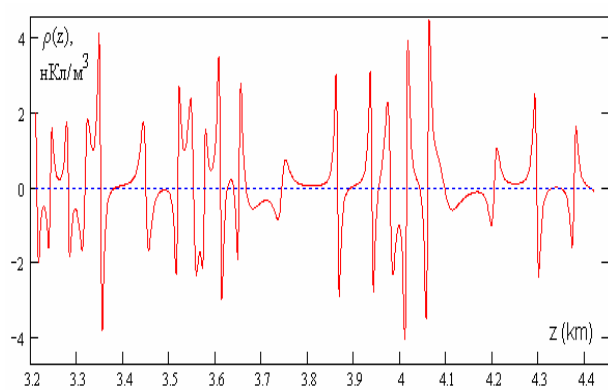


Рис. 5. Объемная плотность электрического заряда $\rho(z)$ в нКл/м³ в зависимости от высоты $3.2 < z \text{ [km]} < 4.4$.

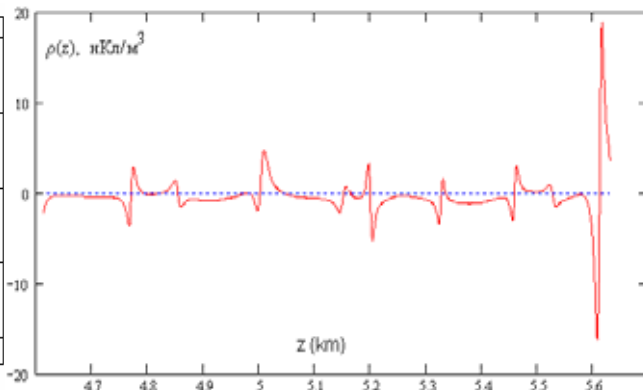


Рис. 6. Объемная плотность электрического заряда $\rho(z)$ в нКл/м³ в зависимости от высоты $4.2 < z \text{ [km]} < 5.6$.

Другой случай аналитической аппроксимации измерений электрического поля в диапазоне высот $0,364 < z \text{ / km} < 15,424$ представлен ниже на рис.7. Вычисленные на основе полученной аппроксимации высотные профили перепада электрического потенциала и объемной плотности электрического заряда даны на рис.8, рис.9, а на рис.10 для верхней части области измерений. Согласно рис.8 в средней части заряженной области перепад электрического потенциала составил значительную величину, порядка 240 МВ. Отметим также сильные флуктуации объемной плотности электрического заряда.

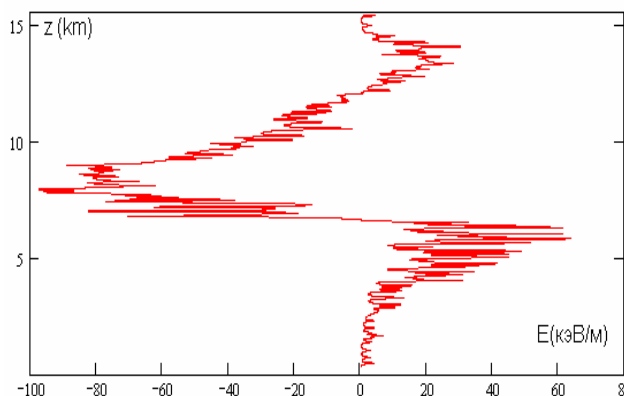


Рис. 7. Аналитическая аппроксимация измерений электрического поля в диапазоне высот $0,364 < z \text{ [km]} < 15,424$.

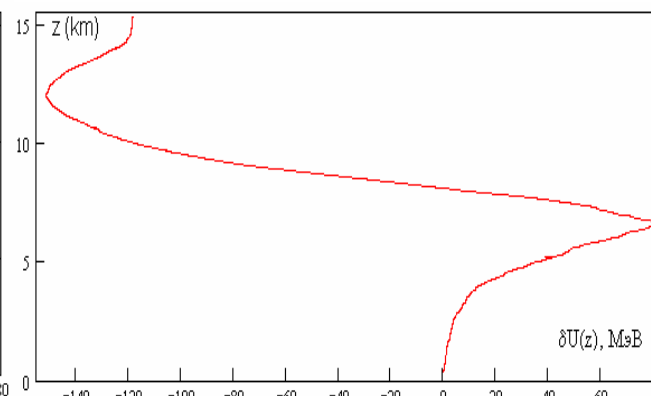


Рис. 8. Высотный профиль перепада электрического потенциала в диапазоне высот $0 < z \text{ [km]} < 15,424$.

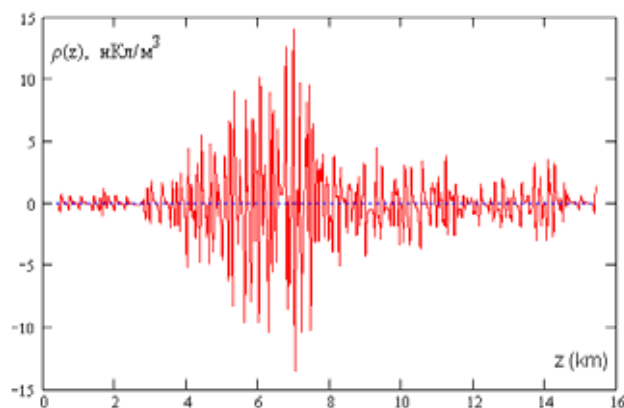


Рис. 9. Профиль объемной плотности заряда в диапазоне высот $0 < z \text{ [km]} < 14$.

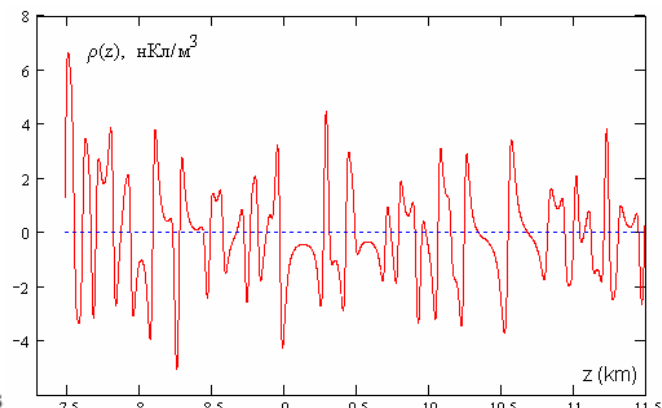


Рис. 10. Профиль объемной плотности заряда в диапазоне высот $7.5 < z \text{ [km]} < 11.5$.

Снова плазмоподобная подсистема вихря является сильно стратифицированной с характерными вертикальными размерами положительно и отрицательно заряженных слоев в десятки и первые сотни метров. Аналогичные результаты получены и для других измерений вертикального электрического поля в грозовой облачности, в частности, аналитические аппроксимации $E(z)$ имеются для профиля поля, показанного на рис.11 в диапазоне высот $0,228 < z / \text{km} < 11,62$.

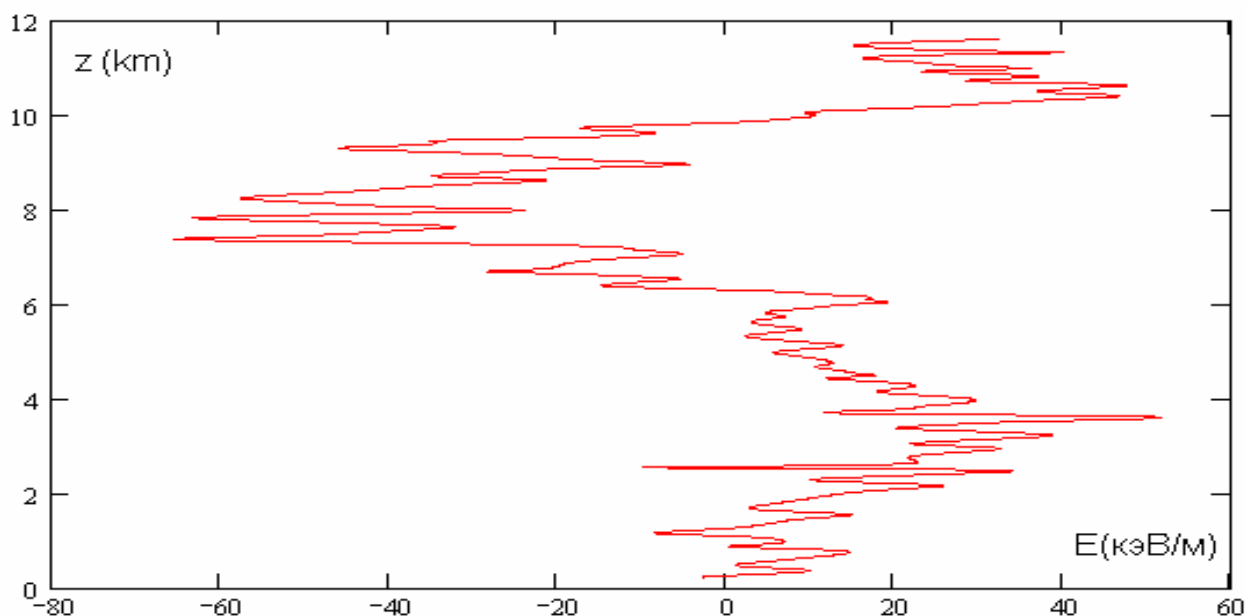


Рис. 11. Аналитическая аппроксимация электрического поля $E(z)$ в диапазоне высот $0,228 < z / \text{km} < 11,62$

Заключение

В настоящем докладе представлены результаты разработки аналитических аппроксимаций для экспериментальных данных по регистрации вертикального электрического поля и вычисленные на их основе высотные профили электрического потенциала и объемной плотности заряда в грозовой облачности. Результаты данного анализа необходимы для последующих детальных исследований по динамике крупномасштабных спиральных вихрей в атмосфере включая дальнейшую разработку аналитических аппроксимаций для определяющих характеристик плазменных подсистем крупномасштабного вихря (включая профиль электрического потенциала) и исследованию влияния заряженных плазмоподобных систем атмосферы на генерацию спиральности и формирование неоднородных спиральных крупномасштабных движений. Кроме того это необходимо для развития методик численных расчетов энергетических и спиральных характеристик поля скорости в условиях возникновения спиральновихревой неустойчивости атмосферы.

Литература

1. Riehl H. Tropical Meteorology. – Mc Graw-Hill, 1954
2. Хаин А.П., Г.Г. Сутырин. Тропические циклоны и их взаимодействие с океаном. – Л: Гидрометеиздат, 1983.
3. Моисеев С.С., Р.З. Сагдеев, А.В. Тур и др. ДАН, 1983, т.273, с.549.
4. Моисеев С.С., Р.З. Сагдеев, А.В. Тур и др. ЖЭТФ, 1983, т.85, 1979.
6. Stozhkov Y.I., J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 29 (2003), p.913.
7. Николаенко А. П., М. Хайякава. Радиофизика, 1998, т.16, №6, с. 699.
8. Чижелски Р. Физика атмосферы и океана, 1999, т. 35, N 2, с.174.
9. Чхетиани О.Г., С.С. Моисеев. Гольбрайх Е. ЖЭТФ, 1998, т.114, с.946.
10. Артеха С.Н., Е. Гольбрайх, Н.С. Ерохин. Вопросы атомной науки и техники, 2003, № 4, с. 94.
11. Артеха С.Н., Н.С. Ерохин. Электромагнитные Явления, 2005, т.5, с.3.
12. Byrne G.J., A.A. Few, M.F. Stewart. Jour. Geophys. Res., 1989, v.94, p.6297.
12. Black R.A., J. Hallet. Jour. Atmos. Sciences, 1999, № 11, p.2004.
13. Davydenko S.S., E.A. Mareev, T.C. Marshall. Stolzenberg M. Jour. Geophys. Res., 2004, v.109, D11103, 10 p.
14. Stolzenberg M., T.C. Marshall, W.D. Rust, B.F. Smith. Mon. Weather Rev., 1994, p.1777.

ЗАХВАТ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В РЕЖИМ НЕОГРАНИЧЕННОГО УСКОРЕНИЯ ПРИ СЕРФИНГЕ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЕ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Николай Ерохин¹, Елена Филонова¹, Пламен Тренчев², Румен Шкевов²

¹Институт космических исследований – Российская Академия Наук

²Институт космических исследований – Болгарская Академия Наук
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru

CHARGED PARTICLES CAPTURE WITH UNLIMITED ACCELERATION REGIME DURING ELECTROMAGNETIC WAVE SURFING IN MAGNETIC FIELD

Nikolay Erokhin¹, Elena Filonova¹, Plamen Trenchev², Roumen Shkevov²

¹Space Research Institute - Russian Academy of Sciences

²Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru

Ключевые слова: Электромагнитная волна в плазме, внешнее магнитное поле, захват частиц волной, ускорение зарядов, механизм серфинга, ультрарелятивистские энергии, фаза волны, интеграл движения, нелинейное уравнение, критическая амплитуда волны, темп ускорения

Key words: Electromagnetic wave in plasma, external magnetic field, capture of particles by wave, charge acceleration, highly relativistic energy, wave phase, integral of motion, nonlinear equation, threshold wave amplitude, energy growth rate

Аннотация: Аналитически и численно изучена динамика захвата и последующего ускорения частиц электромагнитной волной конечной амплитуды, распространяющейся в плазме поперек внешнего магнитного поля, с учетом вихревой компоненты поля волны. Анализ ускорения выполнен на основе нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка для фазы волны на траектории захваченного заряда. Определен диапазон начальных фаз волны, в котором происходит захват заряда в режим неограниченного ускорения. Изучена зависимость границ этого диапазона фаз от величины внешнего магнитного поля при фиксированной фазовой скорости. Исследована динамика компонент импульса и скорости ускоряемой частицы.

Abstract: A particles capture and their following acceleration by an electromagnetic wave with finite amplitudes is studied, where the wave propagates in plasma across an external magnetic field, taking into into account vortex component of the wave field. The analysis of charge acceleration is performed on the basis of the second order of nonstationary, nonlinear equation for the wave phase at the trapped particle trajectory. It is determined the range of wave phases in which the particle capture with their following acceleration takes place. It is studied the dependence of this range boundaries on the external magnetic field magnitude for the wave phase velocity given. The temporal dynamics of accelerated particle impulse and its velocity is investigated.

Исследование процессов формирования потоков быстрых частиц относится к числу актуальных задач физики космической плазмы и, в частности, представляет большой интерес для проблемы генерации космических лучей в астрофизике. Одним их механизмов генерации потоков релятивистских частиц в астрофизике является серфинг зарядов на электромагнитных волнах, который рассматривался ранее, например, в работах [1-4] и реализуется для амплитуды волны выше некоторого порогового значения. При этом для корректной оценки количества ускоренных частиц, их энергетических спектров необходим детальный анализ условий захвата заряженных частиц в режим сильного ускорения, определение благоприятных для захвата фаз волны и скоростей зарядов. Эти вопросы рассмотрены численно в настоящей работе для серфинга зарядов на электромагнитной волне с заданной амплитудой, распространяющейся в плазме поперек внешнего магнитного поля, с учетом непотенциальности волнового поля. Исходными являются релятивистские уравнения движения частицы, имеющие интеграл движения. Дальнейший анализ проводится на основе

нелинейного уравнения второго порядка для фазы волны на траектории ускоряемой заряженной частицы.

В работе для набора фиксированных значений фазовой скорости волны, меньших скорости света в вакууме, численно исследована зависимость границ диапазона благоприятных (для захвата в режим сильного ускорения зарядов) начальных фаз от величины внешнего магнитного поля при амплитудах волны, близких к пороговой. Рассмотрена временная динамика компонент скорости и импульса ускоряемого заряда. В пределе ультрарелятивистских энергий частицы изучены асимптотики для ее импульса, темпа ускорения и других параметров задачи.

Рассмотрим распространение электромагнитной волны в холодной магнитоактивной плазме пренебрегая слабой диссипацией. Внешнее магнитное поле направлено вдоль оси z : $\mathbf{H}_0 = H_0 \mathbf{e}_z$, монохроматическая электромагнитная волна распространяется поперек магнитного поля с электрическим полем вида $\mathbf{E} = \text{Re } \mathbf{A} \cdot \exp(i\Psi)$, где $\Psi = \omega t - kx$, $\mathbf{A}$ – амплитуда.

Для удобства последующего изложения введем следующие обозначения для безразмерных величин: $u = \omega_{He} / \omega$, $v = (\omega_{pe} / \omega)^2$, $N = ck / \omega$, где $\omega_{He} = e H_0 / m c$ – гирочастота электронов плазмы, N – показатель преломления, $\omega_{pe} = (4 \pi e^2 n_0 / m)^{1/2}$ – электронная ленгмюровская частота.

Рассмотрим теперь релятивистское ускорение электронов в плазме монохроматической электромагнитной волной р-поляризации, распространяющейся поперек магнитного поля $\mathbf{H}_0$. Для компонент поля волны примем следующие выражения:

$$(1) \quad E_x = E_0 \cdot \cos \Psi, \quad E_y = \chi \cdot E_0 \cdot \sin \Psi, \quad H_z = N \cdot \chi \cdot E_0 \cdot \sin \Psi,$$

где $\Psi = \omega t - kx$, $\chi = \varepsilon_{\perp} / \varepsilon_{\parallel}$, параметр χ характеризует непотенциальную часть электрического поля волны, $\varepsilon_{\perp}$, $\varepsilon_{\parallel}$ компоненты тензора диэлектрической проницаемости магнитоактивной плазмы. Запишем релятивистские уравнения движения для импульса ускоряемого электрона $\mathbf{p}$

$$(2) \quad dp_x / dt = -e E_x - e v_y (H_0 + H_z) / c, \quad dp_y / dt = -e E_y + e v_x (H_0 + H_z) / c, \quad dp_z / dt = 0.$$

Таким образом $p_z = \text{const}$. Для анализа системы уравнений (1) удобно ввести безразмерные переменные $\tau = \omega t$, $\xi = kx$, безразмерные скорость $\beta = v / c$ и амплитуду волны $\sigma = e E_0 / m c \omega$. Заметим, что $\beta_x = \beta_p [1 - (d\Psi / d\tau)]$, а импульс электрона равен $p = m c \gamma \beta$, где $\gamma = 1 / (1 - \beta^2)^{1/2}$ – релятивистский фактор.

Теперь релятивистские уравнения движения электронов (2) принимают окончательный вид:

$$d(\gamma \beta_x) / d\tau = -\sigma \cos \Psi - (u + \sigma N \chi \sin \Psi) \beta_y, \quad d(\gamma \beta_y) / d\tau = -\sigma \chi \sin \Psi + (u + \sigma N \chi \sin \Psi) \beta_x,$$

$$(3) \quad d(\gamma \beta_z) / d\tau = 0, \quad \gamma \beta_z = \text{const}.$$

Из системы уравнений (3) для темпа ускорения частицы получаем

$$(4) \quad d\gamma / d\tau = -\sigma (\beta_x \cos \Psi + \chi \beta_y \sin \Psi).$$

Используя уравнения (3), (4) находим интеграл движения для ускоряемого электрона

$$(5) \quad J = \gamma \cdot \beta_y + u \cdot \beta_p \cdot (\Psi - \tau) - \sigma \cdot \chi \cdot \cos \Psi = \text{const}.$$

С учетом (5) выпишем выражение для релятивистского фактора γ и компоненты скорости заряда β_y

$$(6) \quad \gamma = \{1 + g_z^2 + [J + \sigma \chi \cos \Psi + u \beta_p (\tau - \Psi)]^2\}^{1/2} / (1 - \beta_x^2)^{1/2},$$

$$\beta_y = [J + u \cdot \beta_p \cdot (\tau - \Psi) + \sigma \cdot \chi \cdot \cos \Psi] / \gamma.$$

Здесь $g_z = \gamma \beta_z = \text{const}$. Анализ ускорения зарядов удобно проводить в рамках вытекающего из (3)-(6) нелинейного уравнения для фазы волны на траектории электрона

$$(7) \quad d^2 \Psi / d\tau^2 - [\sigma (1 - \beta_x^2) / \gamma \beta_p] \cos \Psi - (u \beta_y / \gamma \beta_p) + [\sigma \chi \beta_y (\beta_x - N) / \gamma \beta_p] \sin \Psi = 0.$$

Начальные данные для решения уравнения (7) берем в виде $\Psi(0) = \Psi_0$, $\Psi_\tau(0) = \alpha$. Соответственно имеем $\beta_x(0) = \beta_p \cdot (1 - \alpha)$. Введем компоненты безразмерного импульса частицы $g_x = \gamma \beta_x \equiv h$, $g_y = \gamma \beta_y \equiv g$, $g_z = \gamma \beta_z$. Пороговое значение безразмерной амплитуды волны определим формулой $\sigma_{\text{крит}} = u \gamma_p$, где $\gamma_p = 1 / (1 - \beta_p^2)^{1/2}$ релятивистский фактор ускоряющей волны. Захват заряженной частицы в режим неограниченного ускорения происходит при амплитудах волны $\sigma > \sigma_{\text{кри}}$. Нелинейное уравнение (7) решалось численно с указанными выше начальными данными.

Для нахождения диапазона начальных фаз $\Psi_{\min} < \Psi_0 < \Psi_{\max}$, при которых происходит захват заряда в режим неограниченного ускорения волной, фиксировалась фазовая скорость волны β_p , причем согласно изложенному выше полагалось $0 < \beta_p < 1$. Затем, при заданной фазовой скорости волны $\beta_p = [(v + u^2 - 1) / (1 + u - v) \cdot (u + v - 1)]^{1/2}$ меняя безразмерную гирочастоту электрона u из интервала $0 < u < 1$ вычисляем безразмерную плотность плазмы v по формуле

$$v = 1 - [2 \cdot u^2 \cdot (1 - \beta_p^2)] / [1 + (1 - 4 \cdot u^2 \cdot \beta_p^2 + 4 \cdot u^2 \cdot \beta_p^4)^{1/2}].$$

Амплитуда волны σ выбиралась чуть выше порогового значения $\sigma_{\text{крит}}$. Затем численными расчетами определялся диапазон начальных фаз, в котором имел место захват заряда в режим неограниченного ускорения волной, изучались временная динамика фазы $\Psi(\tau)$, компонент импульса и скорости захваченных частиц, релятивистского фактора $\gamma(\tau)$, темпа ускорения $d\gamma / d\tau$. Результаты расчетов этих характеристик представлены на рис.1–рис.5 при малой надкритичности для амплитуды ускоряющей волны, когда $\sigma = 1.1 \cdot \sigma_{\text{крит}}$. Из расчетов следует, что при заданной фазовой скорости ускоряющей волны β_p с увеличением внешнего магнитного поля (параметр u) диапазон начальных фаз, в котором имеет место захват заряда в режим неограниченного ускорения волной, расширяется. Диапазон начальных фаз $\Psi_{\min} < \Psi_0 < \Psi_{\max}$ увеличивается, если при фиксированном значении параметра u возрастает фазовая скорость волны β_p . Обнаружена также немонотонность графиков $\Psi_{\min}(u)$, $\Psi_{\max}(u)$, наиболее существенная для сравнительно больших значений фазовой скорости β_p .

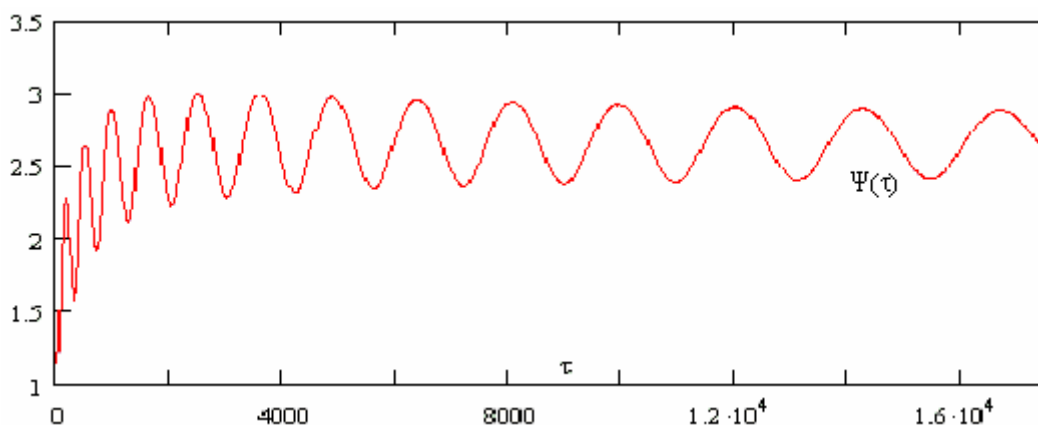


Рис. 1. Фаза волны на траектории заряда

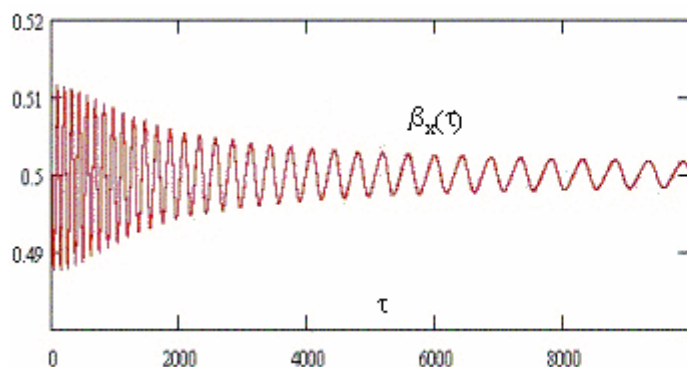


Рис. 2. Компонента безразмерной скорости волны $\beta_x(\tau)$

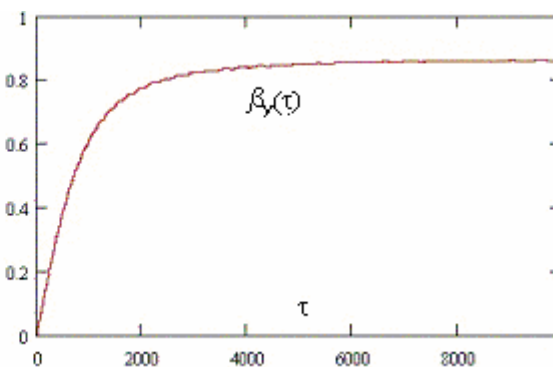


Рис. 3. Компонента безразмерной скорости волны $\beta_y(\tau)$

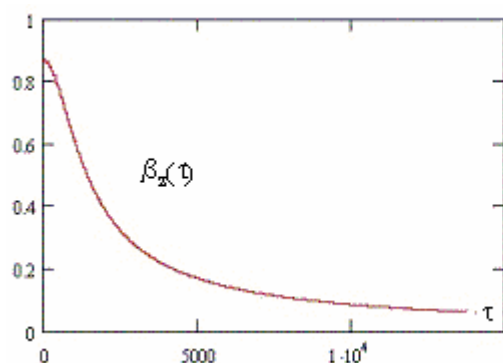


Рис. 4. Компонента безразмерной скорости волны $\beta_z(\tau)$

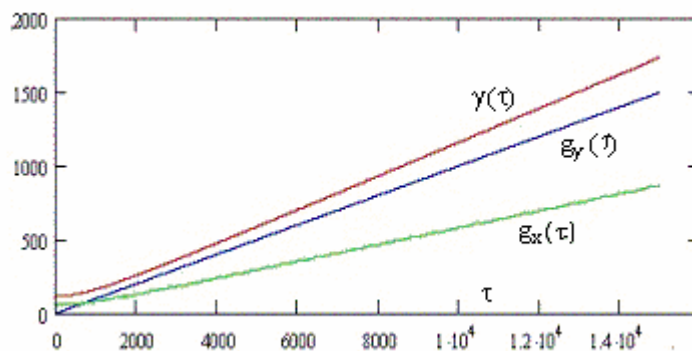


Рис. 5. Релятивистский фактор $\gamma(\tau)$ и компоненты безразмерного импульса частицы $g_x(\tau)$, $g_y(\tau)$

Численные расчеты показали, что динамика фазы волны на траектории ускоряемой частицы внутри диапазона благоприятных для ускорения фаз подобна, но при выборе начальной фазы из середины интервала $(\Psi_{\min}, \Psi_{\max})$ амплитуда колебаний $\Psi(\tau)$ существенно меньше.

Закключение

Результаты проведенного выше анализа можно суммировать следующим образом. Во-первых, с учетом вихревой компоненты электрического поля волны, распространяющейся поперек внешнего магнитного поля, исследован захват заряженных частиц со скоростью, близкой к фазовой скорости волны, в режим неограниченного ускорения (серфинг зарядов на волнах). Во-вторых, численными расчетами нелинейного уравнения для фазы волны на траектории ускоряемой частицы изучены условия захвата зарядов в режим ультрарелятивистского ускорения в космической плазме, динамика характеристик заряда во времени. Получены диапазоны изменения начальных данных, в которых такое ускорение имеет место.

Литература

1. Ерохин Н.С. // Дифференциальные уравнения. 1970. Т.7. С.970.
2. Galeev A.A., R.Z. Sagdeev. Voprosy teorii plazmy, Moscow, Gosatomizdat, 1973, No 7, p.3
3. Shevchenko V.I., Sagdeev R.Z., V.L. Galinsky, M.V. Medvedev. Fizika Plazmy, 2003, v.29, No 7, p.588.
4. Moiseev N.N. Asymptotic methods of nonlinear mechanics, Moscow, Nauka, 1969, 379 p.

ОРБИТЫ И СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОЕКТА РЕЗОНАНС

Ирина Белова¹, Михаил Могилевский¹, Татьяна Романцова¹, Михаил Яновский¹,
Александр Шейхет²

¹Институт Космических Исследований – Российская академия наук

²Научно-производственное объединение им. С. А. Лавочкина

e-mail: ibelova2004@mail.ru

Ключевые слова: исследования магнитосферы, орбиты, геомагнитные параметры, моделирование

Абстракт: Рассматривается задача о перегруппировке спутников проекта РЕЗОНАНС при переходе от первой фазы исследований (приэкваториальная область) ко второй (Авроральная область). Найдены и проанализированы параметры оптимального перехода.

Введение

Проект РЕЗОНАНС направлен на исследование процессов во внутренней магнитосфере Земли [1]. Для решения задач проекта предполагается в 2012 году запустить два спутника на специально подобранные орбиты. В настоящее время рассматривается вопрос об использовании 2-ых пар спутников.

На первой стадии проекта основное внимание будет уделено изучению резонансных процессов взаимодействия волн и частиц в приэкваториальной области, где такое взаимодействие наиболее эффективно. Для изучения динамики процессов взаимодействия необходимы достаточно длительные измерения в одной силовой трубке, соразмерные по времени с характерными временами нарастания и/или убывания таких процессов. Решением этой задачи является выбор орбит со специально подобранными параметрами, позволяющие находиться внутри заранее выбранной силовой трубки долгое время. Орбиты такого типа названы магнитосинхронными орбитами. Во время движения КА по орбите трубка силовой линии вращается вместе с Землей, как показано на рис. 1.

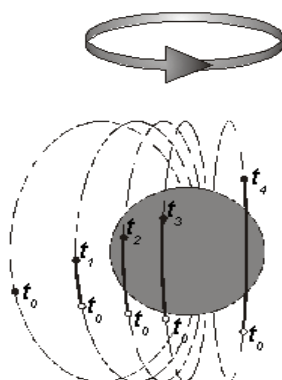


Рис. 1

Здесь t_0 – начальное положение КА в трубке силовой линии, t_i – положение КА в трубке силовой линии в момент времени t_i . Жирной линией отмечено расстояние, пройденное КА вдоль выбранной трубки силовой линии. Реальная орбита спутника проходит через точки t_i , а движение спутника по орбите можно представить, как суперпозицию коротации и движения КА вдоль выбранной силовой трубки. Такая орбита позволяет проводить достаточно длительные измерения внутри одной силовой трубки, что важно для задач проекта РЕЗОНАНС. Для орбиты с периодом 8 часов время нахождения спутников в трубке может достигать 2–2.5 часов, что сравнимо со временем развития процессов в этой трубке ($L = 4.5$). Аппараты будут выведены на орбиты таким образом, чтобы проходить одну и ту

же область силовой трубки с разницей в 4 часа. Кроме того, в то время, когда один аппарат подходит к началу силовой трубки, другой в этот момент должен начинать выход из противоположного конца трубки.

Во второй фазе эксперимента основное внимание будет уделяться изучению мелкомасштабных и быстропротекающих явлений в авроральных областей (АО). Для этих исследований необходимо сблизить спутники между собой до расстояния несколько тысяч километров, но при этом их время нахождения в АО должно быть максимально. Для перехода к этой части эксперимента необходимо выполнить орбитальный маневр и коррекцию фазирования КА. Задачей настоящей работы является поиск оптимальной перегруппировки КА, отвечающего задачам эксперимента.

Методы решения

Период обращения спутников составляет около 8 часов и в первой фазе эксперимента спутники проходят авроральную область в противофазе. Для перехода ко второй фазе эксперимента необходимо добиться сдвига по времени примерно на 4 часа 15 минут. Этого сдвига можно добиться разными способами - например, затормозив только один аппарат на 4 часа, или же ускорив один на 3 часа и затормозив другой на 1 час. Для решения задачи необходимо промоделировать условия, в которые попадают аппараты при разных комбинациях сдвигов и найти оптимальную пару сдвигов.

В качестве критерия оптимальности был выбран критерий, определяемый как расстояние между проекциями аппаратов на ионосферу (магнитным расстоянием между КА).

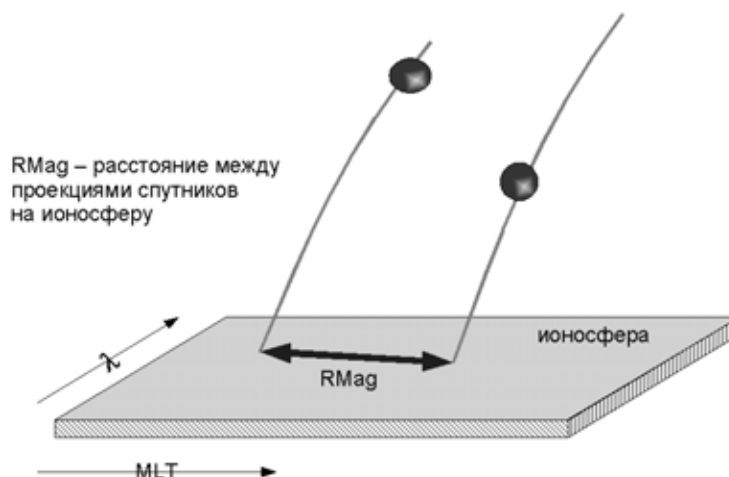


Рис. 2

Геомагнитные параметры, необходимые для решения задачи, были промоделированы с помощью программы CADR-2 [2], а интегрирование уравнений движения проводилось при помощи программы БАЗИС [3].

На каждой орбите была задана опорная точка, а затем были рассчитаны геофизические параметры так, как если бы аппарат проходил эту точку с упреждением или запаздыванием на 15, 30, 45 и так далее минут. Расчетный период составил сутки, то есть около 3 витков.

Для каждого аппарата получили 35 наборов геофизических параметров для разных сдвигов прохождения орбиты. В рамках полученной многомерной матрицы параметров рассмотрены все пары взаимных сдвигов и для каждой пары рассчитаны значения контрольных параметров.

В частности, для каждой пары сдвигов оценивалось: возможно ли при такой конфигурации совместное нахождение в АО; если возможно, то какова его длительность на разных витках; как меняются за время совместных пребываний в АО географическое и магнитное расстояния между КА, а также другие физические параметры.

Результаты расчетов

Результаты расчетов представлены на рисунках 3, 4 и 5. От витка к витку картина получалась неоднородная, поэтому для того, чтобы иметь возможность систематизировать результаты, значения исследуемого параметра усреднялись за весь исследуемый период. Таким образом, на трехмерных графиках, представленных в статье, по горизонтальным осям отложены сдвиги времени прохождения контрольной точки в минутах для каждого аппарата, по вертикальной оси – значение исследуемой величины.

На рис. 3 приведены оценки для среднего времени одновременного пребывания в авроральных областях за одно прохождение. Видно, что наибольшую длительность совместного пребывания в АО дают те пары, где первый аппарат замедляется, а второй ускоряется.

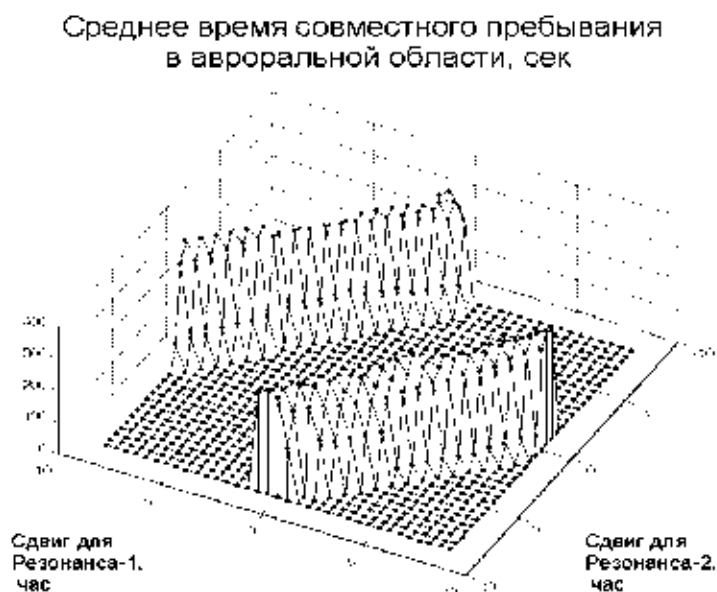


Рис. 3

На рис. 4 приведены значения среднего магнитного расстояния только для тех пар, где есть совместное прохождение АО. В черных областях нет интересующих нас пар. Видно, что эти пары неравноценны и существуют и более и менее благоприятные пары сдвигов.

Для точного количественного анализа ситуации этот же график можно представить в виде проекции полученной поверхности на плоскость с проведенными изолиниями.

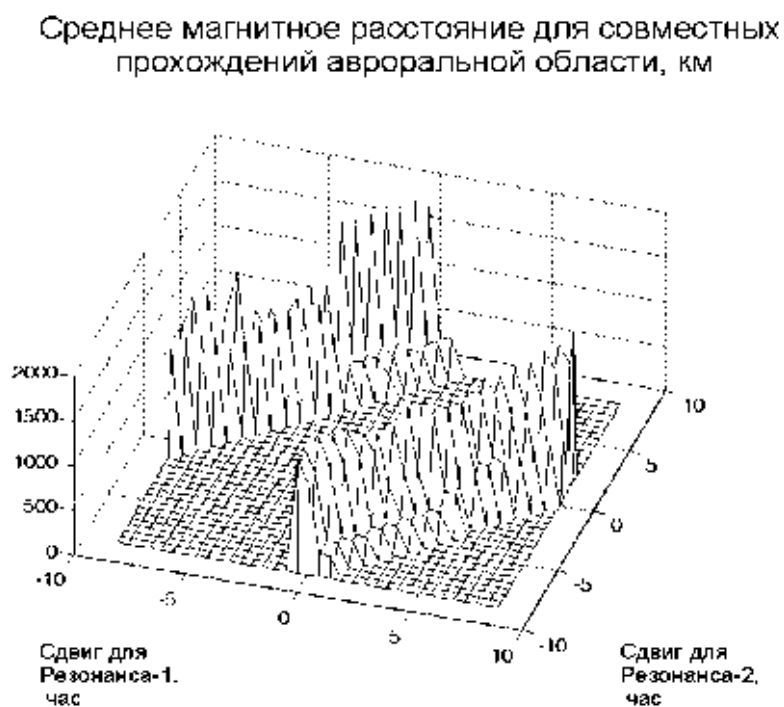


Рис. 4

На рис. 5 приведена проекция на плоскость трехмерного графика, представленного на рис. 4. Светло-серые области соответствуют максимальным значениям; в темных точках находятся интересные нас минимумы.

Среднее магнитное расстояние для совместных
прохождений авроральной области, км.
Проекция на плоскость.

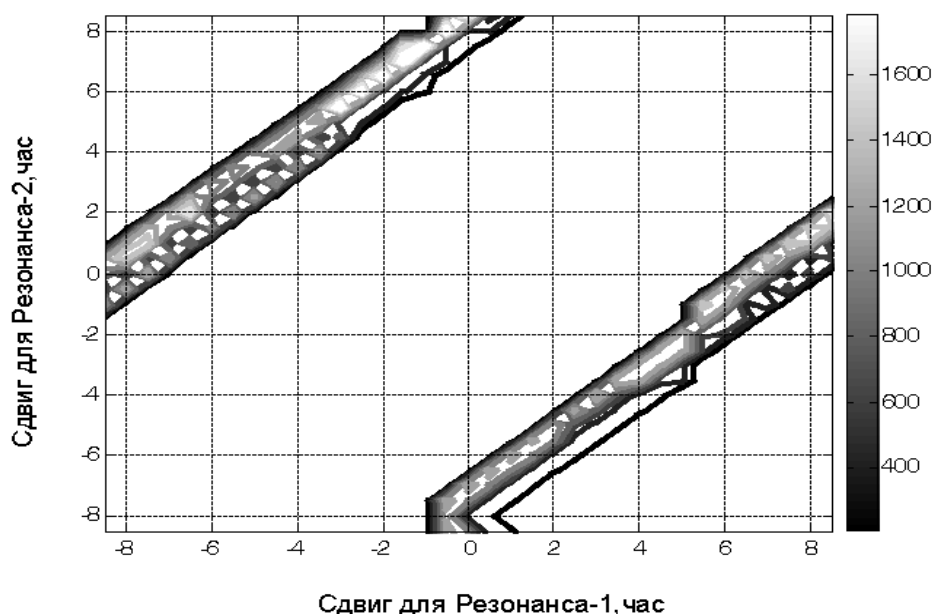


Рис. 5

Есть узкая полоса взаимных сдвигов, дающая хорошие и устойчивые минимальные значения; суммарный сдвиг в этом случае составляет точно 8 часов.

Сдвиги для Резонанса 1 в этих случаях – от -1 до +6 шагов, то есть от -30 мин до +3 часов, и соответствующие им сдвиги Резонанса 2 – от -8 до -2 шагов, т.е от -4 до -1 часов.

Однако на рисунке видны и области с меньшими средними значениями, суммарный сдвиг для которых не равен 8 часам. Сдвиги для Резонанса 1 в этих случаях – от -8 до -3 шагов, то есть от -4 до -1,5 часов, и соответствующие им сдвиги Резонанса 2 – от -1.5 до +4.5 шага, т.е от -40 минут до 2 часов.

Причина этого несоответствия будет предметом последующего анализа.

Результаты анализа показывают:

Взаимные сдвиги на 4 часа оптимальны для одновременного прохождения авроральной области;

Предложенная методика может быть применена для моделирования ситуации с использованием более сложной модели магнитного поля.

Литература:

- Demekhov A.G., V.Yu. Trakhtengerts, M.M. Mogilevsky et al. Current problems in studies of magnetospheric cyclotron masers and new space project "RESONANCE", Adv. Space Res., Vol. 32, No. 3, pp. 355-374, 2003.
- Гальперин Ю.И., Ю.Н. Пономарев, В.М. Синицин, Программа-справочник КАДР-2, Препринт ИКИ ПР-544, Москва, 1980.
- Марин С.Ф.. К расчету движения высокоапогейных ИСЗ в инерциальной геоцентрической системе прямоугольных координат среднего равноденствия и геоэкватора стандартной эпохи J2000, Препринт ИПМ им. Келдыша РАН, № 10, 1994.

КОНЦЕПЦИЯ И ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО АРХИВА ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Ирина Белова, А. Петрукович, О. Батанов

*Институт космических исследований – Российская академия наук
e-mail: ibelova2004@mail.ru*

Ключевые слова: база данных, Web-интерфейс, формат CDF

Абстракт: В статье перечислены основные требования к современным системам хранения и отображения данных космического эксперимента и изложен опыт построения такой системы в ИКИ-РАН.

Введение

В современных условиях количество и объем данных космических экспериментов резко возросли, что, в условиях развития компьютерных и телекоммуникационных технологий по-новому поставило вопрос хранения данных космического эксперимента. Вместе с тем, многие проблемы, такие как скорость доставки данных потребителю, емкость средств хранения данных на современном уровне развития практически устранены, по крайней мере для объемов информации в проектах по солнечно-земной физике (за исключением изображений Солнца). Доступны также стандартные средства визуализации данных, что уменьшает объем работ по программированию. С другой стороны, количество исследователей не увеличилось пропорционально увеличению объемов данных, что привело к фактической конкуренции проектов за рабочую силу в части обработки, анализа и интерпретации данных. Большинство современных исследований являются комплексными и используют данные нескольких проектов одновременно.

В этой связи, современные архивы должны соответствовать следующим критериям, помимо стандартных требований к емкости и пр.:

1. Интерфейс должен быть достаточно простым для удобства выполнения относительно несложных запросов, так как они составляют абсолютное большинство обращений. Операции по доступу к данным должны поддаваться определенной автоматизации в случае формулирования повторяющихся запросов. В то же время должна быть возможна интеграция системы в более сложные сервисы, либо активация дополнительных возможностей для выполнения более сложных операций, таких как сравнение, интерполяция и предварительный отбор данных.

2. Формат и описание данных должны быть в максимальной степени стандартными или совместимыми для последующей интеграции архива в системы обмена данными (виртуальные обсерватории).

3. Производственные затраты на поддержание архива и его пополнение должны быть минимальными. Желательно максимально избегать необходимости модификации программного обеспечения при изменении состава данных.

В документах международного сообщества SPASE [1] перечислены основные направления будущего развития современных систем хранения данных. Предполагается, что такие системы должны иметь возможности:

- выполнять поиск с использованием физических единиц, то есть применять поиск по значению параметра к набору данных;
- иметь средства объединения сравнимых переменных из разных экспериментов в единый набор для дальнейшей передачи инструментам визуализации и анализа;
- данные должны быть зарегистрированы в общедоступных каталогах и, таким образом, входить в глобальную сеть данных физических экспериментов;
- для того чтобы в перспективе быть включенными в такой архив, данные должны быть снабжены метаданными.

Система хранения данных космического эксперимента ИКИ РАН

В настоящее время в ИКИ РАН ведутся работы по созданию системы хранения и отображения результатов космического эксперимента. Итогом этих работ должно стать получение единого

электронного архива результатов космического эксперимента, отвечающего современным требованиям к системам такого характера.

На данном этапе архив, созданный в ИКИ РАН включает в себя несколько подсистем:

1. Стандартный интерфейс к архивам обзорных графиков, заранее построенных в едином формате по всей продолжительности эксперимента. Такие наборы графиков являются стандартным продуктом и предназначены для быстрого просмотра данных.

2. Система доступа к данным с возможностью варьирования списка просматриваемых параметров и интервалов времени, а также выдачи данных в графическом и цифровом формате.

3. Система DD, разработанная ранее и позволяющая зарегистрированным пользователям большие возможности в определении форматов графиков и проведении различных операций с данными.

Подсистемы 1 и 2 находятся в свободном доступе, просматривать и получать данные может любой заинтересованный пользователь.

Базовое программное обеспечение

В результате предварительной проработки за основу системы доступа к данным (2) был выбран интерфейс CDAWeb, разработанный НАСА, так как он обеспечивает наиболее простую и удобную в эксплуатации форму пользовательского интерфейса, а программы и утилиты, обслуживающие этот интерфейс, распространяются свободно. Система основывается на формате CDF[2], широко используемом для хранения данных в солнечно-земной физике. Это автоматически обеспечивает совместимость архива с интерфейсами зарубежных центров данных.

CDF является самодокументированным форматом. Файлы содержат внутри себя всю необходимую справочную информацию, в том числе данные для построения графика. Он также обеспечивает сжатие данных. Утилиты CDAWeb распознают справочную информацию и автоматически определяют формат запросов на входе и графиков и текстовых файлов на выходе. Таким образом, добавление новых наборов данных в архив сводится только к перекодированию в формат CDF и исправлению в каталоге, что кардинально снижает затраты на архивацию данных.

CDAWeb включает полный набор утилит интерфейса пользователя, позволяющих представлять информацию в графической и текстовой форме по запросу, включающему время и тип параметра. Утилиты основаны на языке IDL.

Логическая организация данных

Самой крупной логической единицей деления архива является проект. В текущей версии используются данные проекта ИНТЕРБОЛ, в дальнейшем возможны подключения данных других проектов.

В директории каждого проекта содержатся данные его продуктов. Под продуктом понимается совокупность переменных, логически связанных между собою, описывающих одно физическое явление, имеющих одинаковое временное разрешение и, возможно, относящихся к одному прибору. Итоги работы одного прибора могут быть представлены в виде нескольких продуктов, но и один продукт может быть составлен из данных нескольких приборов.

К каждому продукту прилагаются метаданные, т.е. стандартизированная справочная информация. Сейчас метаданные составлены в соответствии со стандартом ISTP, в дальнейшем планируется провести адаптацию под разрабатываемые стандарты SPASE.

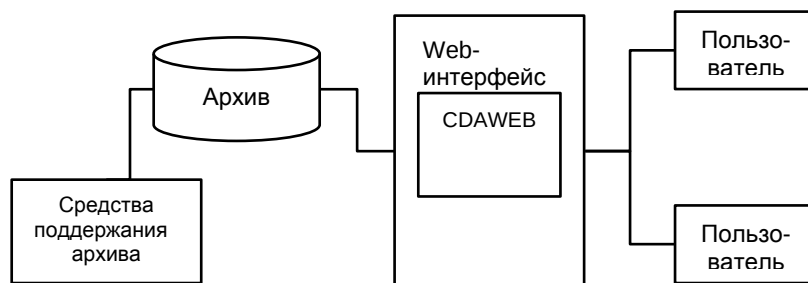


Рис. 1. Логическая структура архива.

Физическая организация данных

Особенностью системы хранения данных является отсутствие в ней средств традиционной СУБД. Это решение часто применяется в таких системах. Причины такого выбора следующие:

- ключи данных в классическом понимании - это время и название продукта, при этом вся информация о них содержится в структуре каталогов и именах файлов.

- к данным нет необходимости применять операции сортировки;
- в системе не используются сложные реляционные запросы;

То есть для функционирования системы достаточно, чтобы физическая структура архива соответствовала его логической структуре. Например, корневом каталоге архива должны лежать каталоги данных (DATA) и справки. Внутри каждого из них – подкаталоги, названные по именам проектов. В DATA находится дерево каталогов, каждая ветвь которого состоит из стартового каталога названного по имени продукта и внутри нее набор директорий, названных по годам измерений.

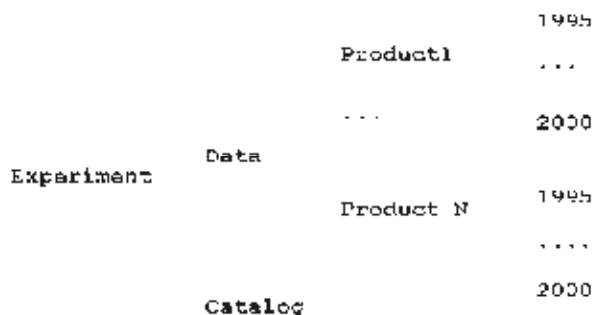


Рис. 2. Структура дерева директорий

В директории Catalog находятся справочные файлы для продуктов. Эти файлы в дальнейшем используются для динамической генерации WEB-страницы.

WEB-интерфейс

Для доступа к данным разработан WEB-интерфейс, доступный по адресу:
<http://stdad.iki.rssi.ru:8180/DataBag/>.

При входе на первую страницу пользователю предлагается выбрать, данные какого из научных космических проектов он предполагает использовать, а так же выбрать интересующий тип научных измерений (частицы, волны и т.п.).

Затем появляется предложение выбрать приборы, участвующие в выбранном проекте. Здесь же пользователь имеет возможность получить краткое описание приборов, узнать их научных руководителей и перейти на страницу с более подробными описаниями приборов.

И наконец пользователь должен выбрать интересующий его интервал измерений, вид измерений и желаемый способ получения результатов. Предусмотрены четыре варианта вывода результатов :

- график измерений;
- текстовый файл с результатами (или архив текстовых файлов). Предусмотрена возможность передачи данных для дальнейшей обработки на компьютер пользователя.
- получение исходных CDF-файлов с результатами измерений за выбранный период времени;
- создание файлов в формате CDF для выбранных режимов работы приборов и выбранного временного интервала.

Также на этом этапе автоматически запоминаются выбранные пользователем параметры, которые можно восстановить при следующем сеансе работы с системой на начальной странице.

Выводы

В целом, установка подобной комбинации систем хранения данных позволяет решить проблему архивирования и доступа к данным космического эксперимента по солнечно-земной тематике на современном уровне в условиях ограниченных ресурсов. В дальнейшем предполагается провести заполнение системы всеми данными прошлых экспериментов, находящимися сейчас в разрозненном виде. Так же будет необходимо провести работы по адаптации элементов системы к обмену данными в рамках виртуальных обсерваторий в части определения метаданных.

Литература:

1. A Space and Solar Physics Data Model from the Space Consortium. <http://www.spase-group.org>
2. The Common Data Format (CDF). <http://cdf.gsfc.nasa.gov>

ДАННИТЕ ОТ “ИНТЕРКОСМОС БЪЛГАРИЯ-1300” – КАТОЛОЗИ, БАЗИ ДАННИ И ДОСТЪПНОСТ

Николай Банков¹, Стефан Чапкѝнов¹, Людмила Тодориева¹, Михаил Касчиев²

¹ Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

² Институт по математика – Българска академия на науките
e-mail: nbankov@bas.bg

INTERCOSMOS BULGARIA-1300 DATA - CATALOGS, DATA BASES AND ACCESSIBILITY

Nikolai Bankov¹, Stefan Chapkunov¹, Ludmila Todorieva¹, Mihail Kaschiev.²

¹ Space Research Institute of the Bulgarian Academy of Science

² Institute for Mathematics of the Bulgarian Academy of Science
e-mail: nbankov@bas.bg

Key words: data base, satellite measurements

Abstract: This work could be considered as a final report about the creation of a data base “ICB-1300”, as far no significant changes in the functionality and contents of the base will take place in the nearest future. Thus, description of the data sets and accessibility rules should be useful for those, who is interested, or concerned, in measurements carried out on board of this satellite. The measured physical parameters, coupled with approximate estimations, when possible, of there reliability are described. A catalogue of “quick-look” bitmap graphical outputs, containing all accessible data, especially for data not included into base, are also described.

Ключови думи: бази данни, спътникови измервания

Резюме: Тази работа трябва да се разглежда като краен отчет за създаването на база данни “ИКБ-1300”, тъй като съществени промени в съдържанието и функционалността на базата не се очаква да настъпят преди предвидените тестове. Така че описанието на данните и достъпността им биха били полезни за евентуалния ползвател, интересуващ се от измерванията проведени на този спътник. Измерените физични параметри, придружени от приближени оценки за тяхната достоверност, където е възможно, са описани главно в предхождащи работи. Тук се описва накратко разработеният каталог от графики на цялата обработена информация по прибори и сеанси.

Научният комплекс “Интеркосмос България 1300” бе изведен в орбита в началото на август 1981г. От монтираните на борда му прибори повече от 2/3 бяха оценени като работоспособни. До непонятното засекретяване на данните от обекта през 1985г. той беше определян като един от най-успешните научни експерименти, реализирани по програмата Интеркосмос. Има достатъчно основания да се предполага, че данните от “ИКБ-1300” все още представляват определен научен интерес за изучаване на процеси в йоносферата, както и за разработка на методики за бъдещи експерименти.

Авторският колектив си постави задачата, доколкото е възможно след повече от 20 години, да издири, съхрани и обработи първичната телеметрична информация от обекта. За реализация на тази цел трябваше да се разработи и запълни с информация база данни от измерените физични параметри, съпроводени с пресметнати орбитални и геофизични параметри. Бяха издирени и събрани наличните, в съществуващите към момента звена на бившата ЦПКИ, магнитни ленти, касаещи Б-1300, като част от тях не можа да се прочете поради лошо качество на носителя, неправилно съхраняване, и преди всичко твърде дългия период, през който не са използвани, вследствие на което магнитните свойства на феритното покритие на лентите силно е намаляло (гаранционния срок на магнитните ленти е бил около 10г). В крайна сметка бяха възстановени:

- 326 сеанса ЗАП2 – продължителност на измерване ~ 30мин,
- 11 сеанса ЗАП2 – продължителност на измерване ~ 15мин
- 46 сеанса ЗАП3 – продължителност на измерване ~ 100мин.

От този брой сеанси такива с непрочетени блокове информация както следва:

- до 3 блока /0.0 - 0.5%/ - 252 сеанса
- от 3 до 6 блока /0.5 – 1.0%/ - 90 сеанса
- от 6 до 12 блока /1.0 – 3.0%/ - 30 сеанса
- над 12 блока / над 3.0%/ - 23 сеанса.

При отладката на програмите за първична обработка бе установена изключително неприятна ситуация – твърде голям процент грешки в “привязката по време” на телеметричните данни, което наложи някои промени в първоначално заявения график на дейностите в проекта. По-точно, наложи се да се проведе приоритетно пълна обработка на данните от магнитометъра ИМАП, тъй като анализа на ситуацията показва, че най-добрата възможност да се провери точността на привязката по време и евентуалната и корекция, е сравняване на измерените компоненти на вектора на магнитното поле в орбиталната координатна система, с моделните компоненти на полето, отнесени към същата система. Избраната методика позволи, в повечето случаи, да се идентифицира вида на грешката, допусната оператора при въвеждане на данните за предварителната обработка, и съответно да се възстанови истинското значение на времето.

Пресмятане и запълване на базата данни със съпътстваща геофизична и навигационна информация

Данните за съпътстващата геофизична и навигационна информация са пресметнати със стъпка 1 секунда и са групирани тематично в 6 таблици, засега временен вариант, тъй като за определяне на окончателното разпределение на параметрите по таблици ще е необходим известен период от време за работа с базата за определяне на адресите им (в смисъл в коя таблица да се зареди конкретен параметър) с цел оптимизиране на бързодействието. Има се предвид, че повечето софтуерни продукти за управление на бази данни имат вградени средства за оптимизация, но им е необходим известен експлоатационен период за натрупване на статистика.

Завършена е рутинната обработка на всички данни, направен е анализ и е оценено качеството им. Обработени са данните от всички прибори, за които съществуваша технически задания за обработка, както и онези прибори, опити за обработката на които са правени в първите години след изстрелването на спътника. На практика това означава всички прибори, оценени като функциониращи в съответствие с изискванията в нормативните документи. Предварителните оценки за качеството на информацията и по-специално за приборите, за които не бе известно да са правени опити за обработка, се потвърдиха в повечето случаи. Например, не беше известно да са публикувани или използвани данни от корелатора на ИЕСП, и след обработката на тези данни действително се установиха редица неясноти в методиката на обработка, както и несъответствия между техническото задание и разработените след изстрелването програми, така че данните от този прибор засега няма да се вкарват в базата. Друга група въпроси, отнасящи се до представителност на отделни измервания в базата, са свързаните със съгласоваността на сондовите измервания. Сондата на Ленгмюр работи адекватно, но йонния уловител, който в действителност се състои от два прибора – триелектроден и четириелектроден, предоставя различни значения за един и същ параметър, тоталната йонна концентрация. Вероятната причина е свързването на четвъртия електрод с корпуса на обекта, като по такъв начин използването на моделната формула за триелектроден уловител за обработката на четириелектроден, за който няма изведен математичен модел, се компрометира, въпреки че проведените и публикувани от колектива изследвания показват съществуването на участъци по протежение на орбитите, където триелектродният модел е приложим. Имайки предвид и необичайно голямата зависимост на някои измервания от ситуации слънце-сянка, полезна за някои изследвания, но в случая източник на допълнителни трудности, данните от четириелектродния вариант на прибора се нудаят от допълнително изучаване и засега не са въведени в базата.

След анализа на получената в резултат на пълната обработка информация, данните формално бяха групирани в три множества:

1. отговарящи на априорните условия за включване в база с разрешение 1 секунда.

В тази група попадат приборите:

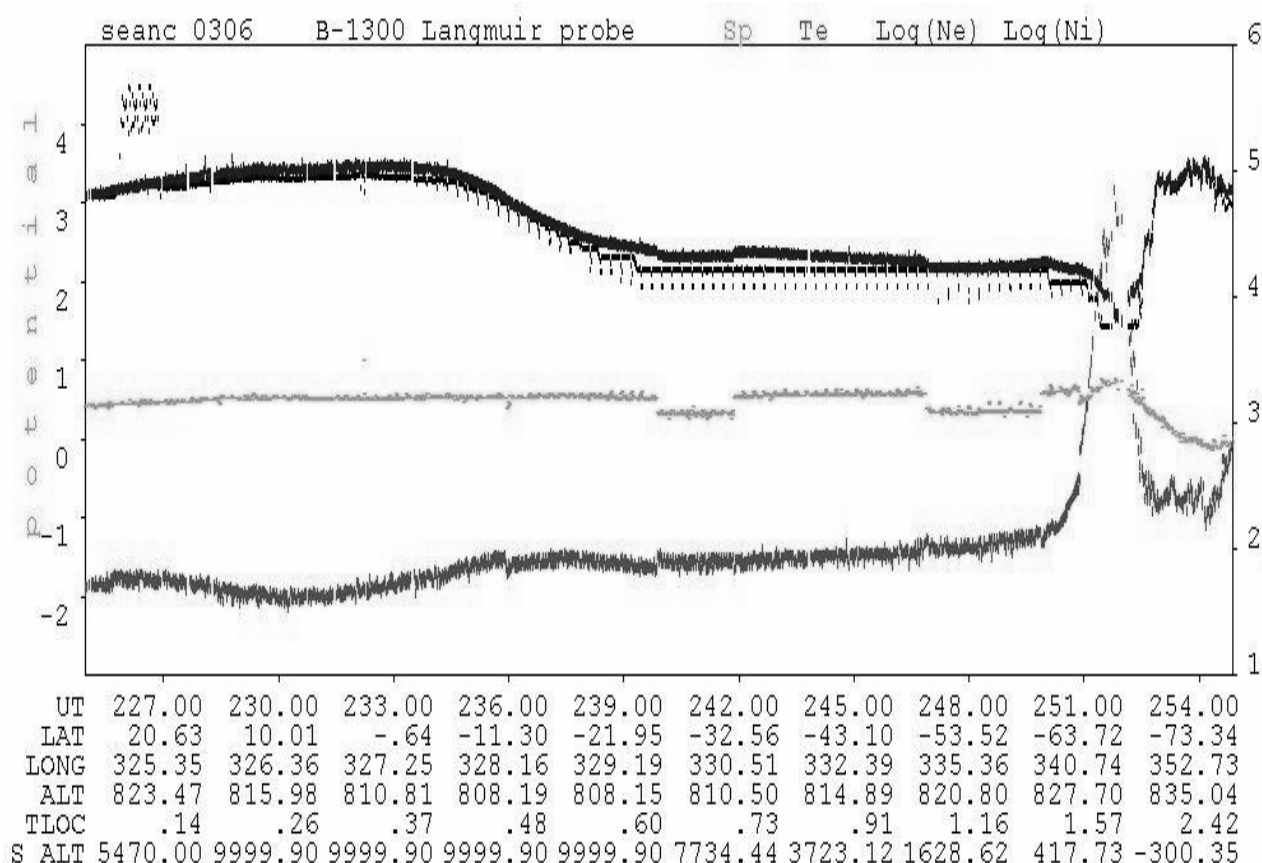
ИЕСП	Измерител на квазипостоянното електрично поле
ИМАП	Измерител на магнитното поле
П63ЕЛ	Измерване на йонната концентрация
АНЕПЕ	X, Y, Z електрони с енергия 1KeV / работи до сеанс №3366
ИЕСП	Потенциал на корпуса
ИЕСП .2-8.4	X, Y, Z на магнитно поле с честота .2-8.4Hz

Тези прибори работеха синхронно с честотата на телеметричната система, работили са почти през цялото време (с изключение на П6) и информацията им се приема за адекватна. На Фиг.1 е представена графика на данните от прибора П7 съвместени с данни от П6ЗЕЛ. Освен сравнително доброто съвпадение на данните за концентрациите – йонна и електронна, добре изразени са и смущенията в сигнала на 3-електродният уловител, предизвикани от работата на прибор ДИЕТ – пропадане в стойностите на йонната концентрация през 16 секунди. Тук този факт е използван за илюстрация на един тип от източниците на грешки - в базата е записан сигнал при който тези смущения са отстранени.

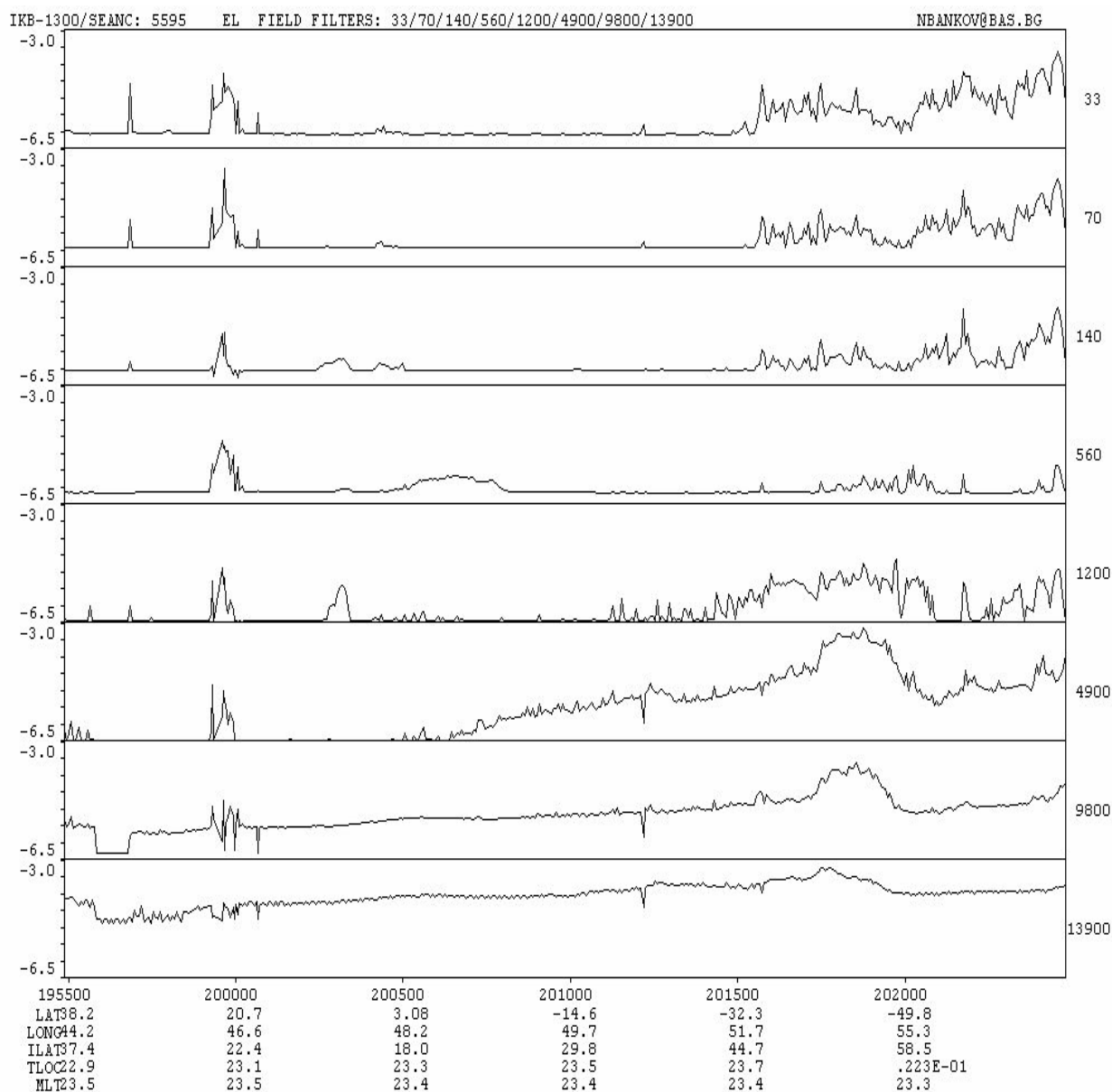
2. частично удовлетворяващи условията за включване

П7	Електронни температура и концентрация
ИЕСП/ОНЧ/ел	Електрична компонента с честота от 0.033 до 13.9 kHz
ИЕСП/ОНЧ/мг	Магнитна компонента с честота от 0.033 до 13.9 kHz
ЕМО5	Светене на нощното небе / 6 линии
ИД1	Измерване на напречния йонен дрейф

Честотата на измерване на тази група прибори не позволява плътно запълване на съответната таблица или се наблюдават големи интервали без данни. От друга страна, поради същественото значение на данните от П7 те трябва да бъдат включени, и след като вече е направен един компромис, редно е и другите прибори с подобно поведение да са представени. На Фиг.2 са представени данни от прибор, принадлежащ на тази група – ОНЧ филтри електрическо поле.



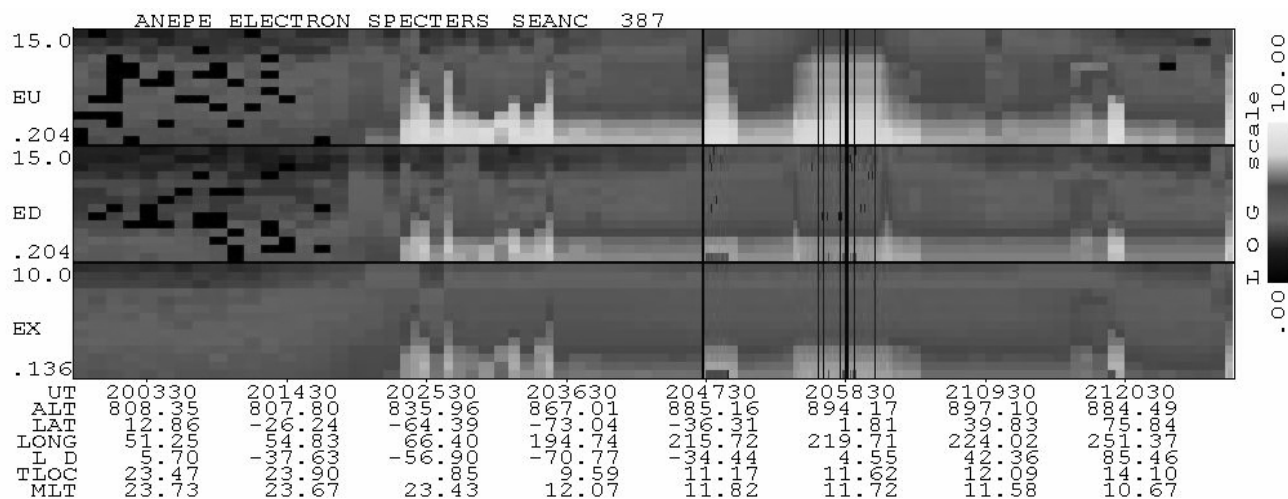
Фиг. 1



Фиг.2

3. Прибори, които не е разумно да се включат в базата, а именно: АНЕПЕ-спектри на електрони и протони с енергии 0.2-15.0 KeV, които освен че има съмнения в точността на калибровката им, представят информация, която не може да се аташира към някое фиксирано време, а интервал, при това с променлива дължина, и прибора ИЕСП-корелатор електрична Y компонента и магнитна X компонента, който освен че е лошо калибриран, дава огромна по обем информация, с което забавя съществено работата на базата при обръщане към съответната таблица, и която не е ясно може ли да се използва.

При това положение, за да не се загуби възможността за работа, евентуално с всички данни, бе създадена паралелна база с различни варианти на графично изобразяване на информацията - графичен каталог, визуализиращ данните от всички прибори, придружени от основни геофизични параметри (на практика тези графики могат да се използват директно в презентации, доклади или публикации), който ще бъде полезен на евентуалния потребител за ориентиране относно причините за отсъствието на дадена информация в базата.



Фиг.3

На Фиг.3 е представена графика на прибор от тази група с възможно най-малко пропадане на информацията, при който продължителността на отделното измерване варира от 0.3 до 16 секунди.

В заключение да отбележим, че в близко бъдеще, след уточняване на правилата за ползване и отчитане на евентуални претенции за авторски права от страна на експериментатори и обработчици, базата ще бъде достъпна, включително в мрежата.

Работата е спонсирана от договор с МОН НЗ-1309/03

PHOTOCURRENT INVESTIGATION BY THE "ICB-1300" SATELLITE DATA

Stefan Chapkunov¹, Roumen Shkevov¹, Georgi Karamishev²

¹ Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

² Geophysical institute - Bulgarian Academy of Sciences

e-mail: schapkanov@space.bas.bg

Key words: Photocurrent, space plasma, electron density, ion density, probe instruments, spacecraft body potential

Abstract: The results from the photocurrent investigation are summarized, mainly from the Langmuir probe surface, during work time on the satellite "Intercosmos Bulgaria -1300". There is used the data from the probe instruments worked on board spacecraft. The amplitude estimation of the registered photocurrent is made.

Introduction

The solar irradiance spectrum is main topic interest area for many scientific investigators last years. There was developed a different programs and were build the instrument structures aimed to better understanding the observed sun's processes. The influence of the sun on the spacecraft functioning is one of the investigated areas. The spectrum of the emitted solar irradiance is directly connected with some secondary effects like photocurrent form the spacecraft surface. In particular this paper presenting some calculations to determine where exactly starts the photoeffect from the golden surface. Fig. 1 shows a real data plot of sun irradiance spectrum [1], [2] and the photoeffect zone – the green one. The information about "IKB-1300" experiments and used data can be found in [3], [4]. Ion density n_i , calculated in the range 10^2 - 10^6 cm⁻³, is received by the data from trielectrode ion trap with the floating potential outer electrode – curve 1 from Fig. 2. Electron density n_e is received by the cylindrical Langmuir probe (CLP) – curve 2 with the registration range of the $5 \cdot 10^2$ – $3 \cdot 10^6$ cm⁻³. The CLP is mounted on the boom longer than 1.5 m. There also was used data from the electric field analyzer – four spherical sensors with the amorphous carbon surface, placed in the suitable points to measure the electric field vector components.

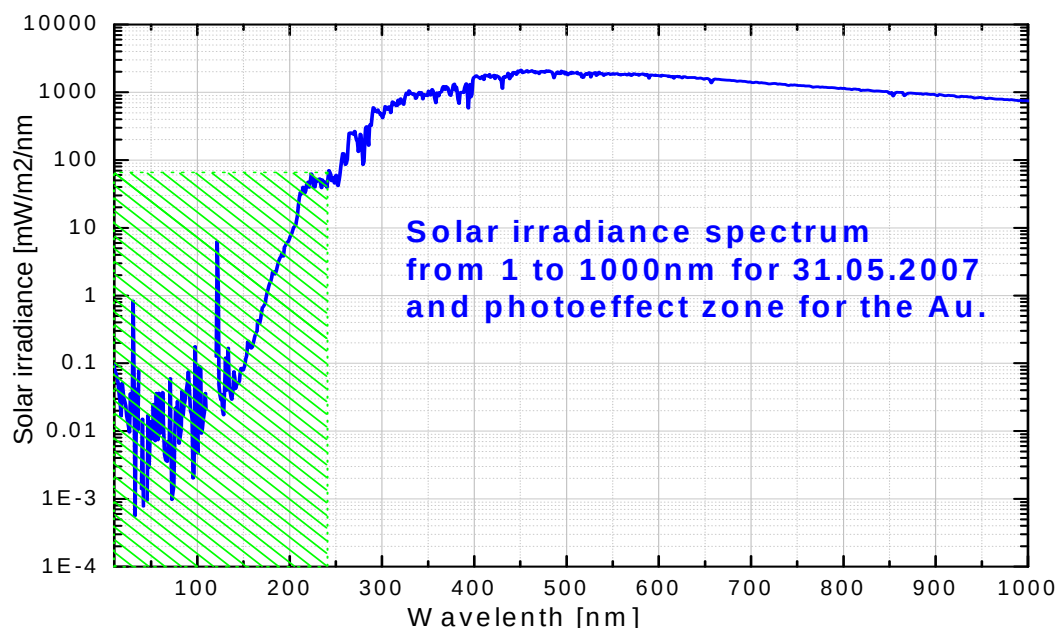


Fig.1. Solar irradiance spectrum 1-1000nm and photoeffect zone for the Au.

The electric field measurements sensors are made from the vitreous carbon and are mounted on the 4 meters long electrically conductive booms. The potential difference measured between one of the electric field sensor and satellite body – curve 4. In [5] is pointed that, the registration of this potential difference is depending by the electric field components E_y and E_z values and the correlation coefficient is 0.96. There is shown the value of the potential (curve 3) [4] of the plasma, calculated by the specific point from the curve of the I-V characteristics of the cylindrical Langmuir probe instrument. In the [6, 7] can be found many useful information for the calculation from the solar irradiance spectrum.

Experimental results

On the Fig. 2 and Fig. 3 is shown the curves of the discussed above parameters during orbit 232 and 386. The thick line in lower part on the Fig.2 corresponds to time, in which satellite was in shade of the Earth. The main aim of this investigation is to estimate the photocurrent influence on the satellite potential. The potential difference between probe and satellite body was also direct measured by electrostatic field measurement instrument - IESP. In the moment of the crossing the terminator Fig. 2 UT≈21.04h the electron density n_e is jumping. The reason of the registered increasing of the n_e is the photoelectrons from the satellite surface exposed on the sun radiation which is the reason of the sharply increasing of the electron component of the plasma. Until this time, in the shadowed part of the orbit electron n_e and ion n_i densities nearly coincide. At the same time the satellite potential (curve 3) is negative corresponding to the grounded plasma. This can be explained with the fact that the plasma in this moment is quasineutral – the curves of the electron and ion densities coincide, because the speed of the electrons is higher in order than this of the ions. When the satellite goes on the sun begins the process of photoelectron emission as from the body that from the probe surface. To provide correct space plasma investigations it is necessary to have equipotential spacecraft body. This can be achieved by the additional covering of the solar panels with the conducting grid. By this the satellite body surface increase significantly. The proportion of the conducting surfaces between the satellite body and cylindrical Langmuir probe is more than 1000 times. This is one of the main reasons to carry out the correct probe measurements. Moreover on the lighted part of the orbit this proportion guarantee the negative potential of the CLP surface in reference to the spaceship. This can be observed on the Fig. 2 curves 3 and 4.

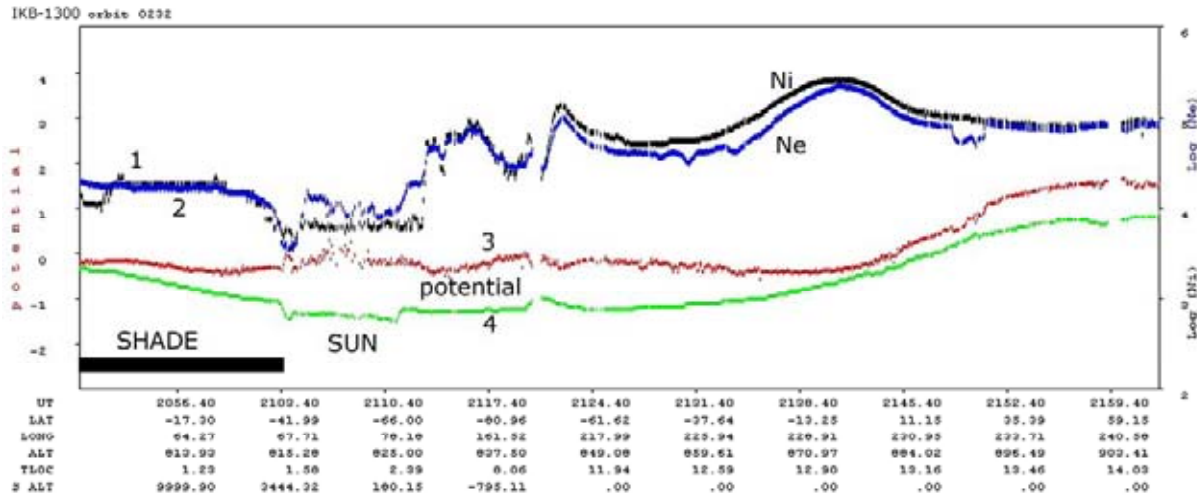


Fig. 2. Electron and ion densities and satellite body potential measured onboard "Intercosmos Bulgaria1300".

The analysis of the numerical massive in both events of the shadowing CLP shows approximately equal data - an average reduction n_e is in order:

- (1) Panel shadowing - $\Delta n_e \cong 3 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$
- (1') Terminator effect - $\Delta n_e \cong 7 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$

The calculated amplitude of the collector's current is possible to estimate by formula:

- (2) $i_u \cong \alpha \cdot n \cdot e \cdot v_0 \cdot S$

where:

α - transparency coefficient of the sensor, n - density in cm^{-3} , e – electron charge, v_o - a spacecraft velocity in cm/s , S - sensor effective surface charges collecting.

$$(3) \quad i \cong 105.10^{10} e [\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}] = 166.10^{-9} [\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}]$$

The collector current of the trielectrode ion trap (in the wide range of the satellite orbit the values of the electron n_e and ion n_i densities are approximately equal and it is convenient to be used formula (2). There is a similar situation at the orbit 232, where shadowing of the probe and the booms from the power panel in the $UT \approx 21.09\text{h}$ can be clearly expressed. The amplitude of the photocurrent from the probe is close to the value from the expression (3). At the moment $UT \approx 20.46\text{h}$ the probe and the boom is shadowing from the satellite body, the photocurrent is breaking (electron density is dropping) and the plasma potential is again dropping.

The comparison with theoretical result shows noticeable increasing of the photocurrent that probably is due to the experiments onboard “Intercosmos Bulgaria-1300” was leaded at period of the maximum solar activity.

On the Fig. 3 is shown the influence of the event - crossing the terminator and going to the sun - on the electron temperature T_e . There can be observed “cold” electrons and this lead to some changes in the probe characteristics. The processing software give an interpretation like lower temperature, regardless in fact it is measured two type of electrons with a different energy. There must be mentioned that the Langmuir model, used to process the characteristics do not suppose the presence of electrons with a big difference in their energy spectrum, like is in this case.

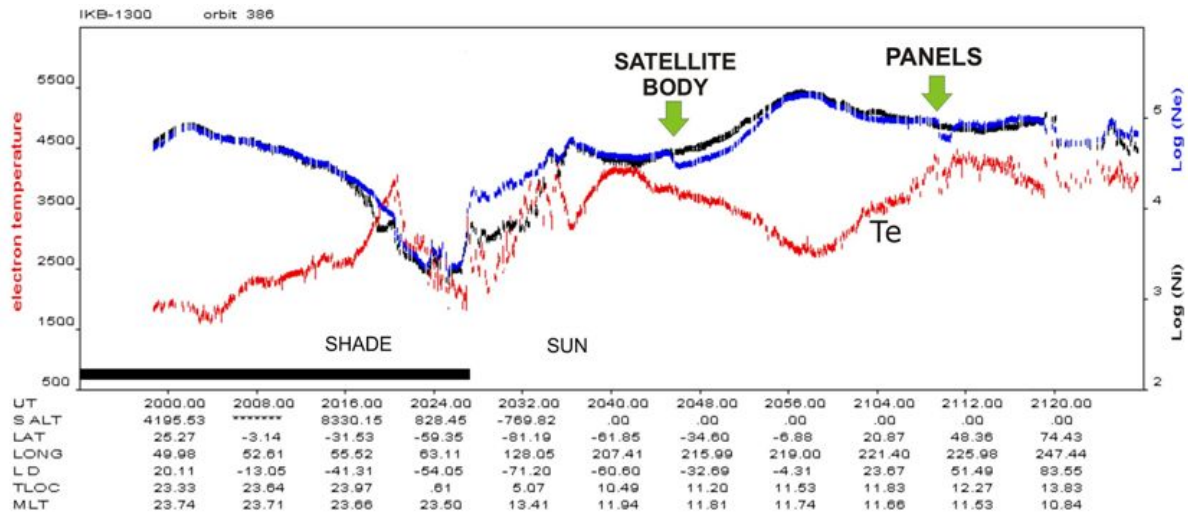


Fig. 3. Probe shadowing effect observed onboard “Intercosmos Bulgaria 1300”.

Conclusion

The measuring of the electron density n_e by the double unsymmetrical probe (satellite body - spherical electric field probe) leads to the dependence of the parameters of the density n_e and satellite body potential, which can be seen from the analyzed results.

The photocurrent influence on the satellite potential is weak. This is clearly expressed by the behavior of the curve 3 on the Fig. 2.

The authors of this paper express the acknowledgements to:

- Research scientist N. Bankov for the placed the processed data at the authors disposal;
- Prof. G.L. Gdalevich for the idea the data for the photocurrent to be used for the sun’s activity investigation, which will be developed in the next investigations.

References:

1. G. Thullier, M. Herse, D. Labs, T. Foujols, W. Peetermans, D. Gilotay, P.C. Simon and H. Mandel. The solar spectral irradiance from 200 to 2400 nm as measured by the SOLSPEC spectrometer from the ATLAS and EURECA missions. *Solar Physics* 214: 1–22, 2003.
2. <http://www.spacewx.com/>

3. Ч а п к ъ н о в Ст., Н. Б а н к о в, Г. К а р а м и ш е в. Фототок от повърхността на цилиндрична сонда на Ленгмюр, Сб. Докл. От научна Конференция с международно участие "Космос, екология, сигурност", Варна, 2005, стр. 84-87.
4. Б а н к о в Н. Г., Ст. К. Ч а п к ъ н о в, Л. Я. Т о д о р и е в а. Потенциал на корпуса от спътник "Интеркосмос България 1300", Сб. Докл. Ог. Юб. Научна сесия на ВВВУ "Г. Бенковски", т.3, Д.Митрополия, 2002, стр. 182-187.
5. S t a n e v G., N. B a n k o v, S. C h a p k u n o v, G. G d a l e v i c h, V. V o i n o v a. Spacecraft Potential Measurements on the ICB-1300 Satellite Preliminary Results, Сб. Доклади от Юб. Научна сесия "30 години организирани космически изследвания в България", стр. 40-45.
6. G. T h u i l l i e r, M. H e r s e, D. L a b s e t a l l. The solar spectral irradiance from 200 to 2400 nm as measured by the "Solspec" spectrometer from the "ATLAS" and "EURECA" missions. Solar Physics 214: 1–22, 2003.
7. N a k a j i m a T. Y e t a l. Optimization of the Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS) II Global Imager (GLI) channels by use of radiative transfer calculations; Applied Optics; Vol. 37, No. 15; pp. 3149–3163 (1998)

35 ГОДИНИ БЪЛГАРИЯ – КОСМИЧЕСКА ДЪРЖАВА

Таня Иванова¹, Стефан Чапкънов¹, Георги Карамисhev²

¹Институт за космически изследвания - Българска академия на науките

²Геофизичен институт - Българска академия на науките
e-mail: tivanova@space.bas.bg

35 YEARS BULGARIA – SPACE COUNTRY

Tania Ivanova¹, Stefan Chapkanov¹, Georgi Karamishev²

¹Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²Geophysical Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: tivanova@space.bas.bg

Keywords: Intercosmos program, space equipment, ionosphere plasma

Abstract: The launch of the first satellite of the Earth on October, 4th 1957, whose 50th anniversary mankind celebrates this year, lays the beginning of the space era. The beginning of the Bulgarian space era dates back to December, 1st 1972 when was the launch of the Intercosmos-8 satellite with the first scientific equipment for direct measurement of ionosphere plasma parameters onboard. Thus the foundation of the space research in our country was laid ranking the small Bulgaria 18th in the list of the space countries. The Intercosmos program for international collaboration in the field of peaceful study and use of space, created in 1967, gave the Bulgarian scientists an opportunity to participate. The paper presents a short description of those historical times and the initiation of the organized participation of Bulgarian scientists in space research that is dated from November, 1st 1969 when the Scientific Group of Space Physics at the Presidium of the Bulgarian Academy of Sciences later grown into the Space Research Institute was created. The paper also contains a short description of the first probe instrument P-1 and the impressions of the authors witnessing the launch. Succeeding achievements of the Bulgarian science and instrument-building in the field of space physic and other directions of space research are also listed briefly.

Програма “Интеркосмос”

Началото на участието на български учени в космическите изследвания започва още от времето на изстрелването на първия изкуствен спътник на Земята, чиято 50-годишнина ще честваме тържествено през октомври тази година. Организиран са оптични наблюдения на спътника и още в края на същата 1957 година е създадено Българското астронавтично дружество, начело с видния български астроном професор Никола Бонев.

През 60-те години наши учени, начело с академиците Любомир Кръстанов и Кирил Серафимов от Геофизичния институт (ГФИ) при БАН, извършват огромна научно-организационна дейност, участвайки активно в подготовката и създаването на Националния комитет за изследване и използване на космическото пространство у нас, както и на международните програми “Космос” и “Интеркосмос”.

През ноември 1965 г. отговорни представители на България, ГДР, Куба, Монголия, Полша, Румъния, СССР, Унгария и Чехословакия, се срещнат и определят основните направления на сътрудничеството си в изучаването на космическото пространство. Върху основата на постигнатата договореност, през април 1967 година изтъкнатите учени Л.Кръстанов, К.Гроте, Х. Алтшулер, Х.Церев, С.Пиотровски, А.Спътару, Б.Петров, Р.Керпел и Я.Кожешник, ръководители на националните координационни органи на страните-участници, подписват в Москва комплексна **Програма за международно сътрудничество в изследването и използването на космическото пространство за мирни цели**, известен накратко като програма “Интеркосмос”. С помощта на програмата е предоставена възможност на всички страни от бившия социалистически лагер да участват в космическите изследвания в желаната от тях научна област и със своя научна апаратура, като използват безвъзмездно руската космическа техника и съоръжения - спътници, ракети, стартови площадки, телеметрични станции и пр.

Дейността по програма "Интеркосмос" е изключително обширна. Основните научни направления на изследвания са в областта на космическата физика, космическата метеорология, космическите съобщения, космическата биология и медицина и дистанционните методи за изследване на Земята от космоса. Във всяко от споменатите направления са създадени Постоянно действащи работни групи (ПДРГ) от учени и специалисти на сътрудниещите си страни. На ежегодни сесии те обсъждат научни, технически и организационни въпроси, свързани с подготовката на новите експерименти в космоса, а така също се докладват научните резултати от вече проведените експерименти.

"Космическо" звено към БАН

Началото на организираното участие на българските учени в космическите изследвания датира от 1 ноември 1969 г., когато към Президиума на БАН беше създадена специализирано звено за работа в тази област - Група по физика на космоса (ГФК). През 1974 година ГФК прерасна в Централна лаборатория за космически изследвания (ЦЛКИ), а през 1987 година – в Институт за космически изследвания (ИКИ). Тази дата – 1 ноември днес се чества като официален празник на ИКИ [1].

Първоначален директор на ГФК беше академик Любомир Кръстанов, председател на БАН до 1968 г. Но практически идеолог и създател на ГФК бе академик Кирил Серафимов (1932-1993). Научното ръководство в областта на физиката на околоземното космическо пространство поеха изтъкнати учени от секция "Физика на йоносферата" към ГФИ на БАН - освен акад. К. Серафимов, проф. Иван Кутиев и ст.н.с. Димитър Самарджиев. Много важно беше коя по-конкретна тематична област за проучване ще бъде избрана, защото космическите изследвания у нас настъпваха като естествено продължение на вече традиционни научни области. Йоносферата на България беше една от най-проучените части на близкия Космос около нашата планета, с изследвания от Земята чрез йоносферни станции и обсерватории. В тази област българската наука бе създавала своя мощна школа, добила световна известност и съвсем закономерно бе избрана за проучвания и от Космоса с апаратура, монтирана на борда на спътници и ракети, като продължи собствените си научни традиции.

Накратко казано, **началото на космическата ера в България беше поставено с изследване на йоносферата** - изключително важна област от околоземното космическо пространство. От йоносферата, както се нарича наелектризираният под влиянието на слънчевите лъчи слой от атмосферната обвивка на Земята, зависи до голяма степен животът на нашата планета. Основните енергийни ресурси и цялото си човешко съществуване на Земята дължим на Слънцето. Ала заедно с животворната си енергия, то ни праща и смъртоносни рентгенови, ултравиолетови и корпускуларни лъчи. Следователно, един от големите въпроси пред съвременната наука е да изследва как Слънцето влияе върху климата, реколтата, върху самите нас и всичко което ни заобикаля, т.е. да се установят конкретните форми за проява на слънчево-земните връзки в тяхното огромно многообразие.

Експерименталните работи, залежали в основата на сътрудничеството между страните по програмата "Интеркосмос", се осъществяваха по време на полетите на спътниците със същото наименование и на геофизични ракети "Вертикал" (до 1500 km). Стартовете се извършваха в европейската част на Русия (тогавашния СССР): на спътниците - от северния космодрум "Плесецк" край Архангелск, а на ракетите - от южния космодрум "Капустин Яр" край Волгоград.

Първият български космически прибор П-1

След като имяхме налице всички необходими предпоставки – програма, колектив и желана научна област, оставаше да бъде създадена и съответната научна апаратура, осигуряваща на българските учени база с данни и информация за собствени научни изследвания [2]. Малка група от инженери и техници започна проектирането на първия български космически прибор, наречен П-1. Този исторически първи прибор, беше предназначен за директно измерване на параметрите на йоносферната плазма (температурата и концентрацията на йоните и електроните, както и масовия състав) около спътника "Интеркосмос-8". Извън защитната обвивка на спътника бяха монтирани на дълги щанги цилиндрична сонда на Ленгмюр (за измерване на електронната компонента) и 2 сферични йонни уловителя (за йонната компонента). На борда на спътника "Интеркосмос-8" трябваше да бъде изстреляна и апаратура за измерване параметрите на йоносферната плазма чрез други методи, разработена от колегите ни от Чехия (измерител на електронната температура КМ-1), Германия (радиопредавател Маяк) и Русия. Едновременно с работата на бордовата научна апаратура на спътника обширни изследвания на параметрите на високата атмосфера и йоносферата се провеждаха с помощта на земни йоносферни станции, разположени в Чехия, Унгария, Полша и Румъния.

След изработването на всеки космически прибор предстои да бъде изминат много дълъг, труден и отговорен път на изпитания. В техния ход трябва да бъде доказано, че всички елементи отговарят на изключително високите изисквания към апаратурата за космически изследвания, че тя работи нормално в състава на целия комплекс научна и служебна апаратура, монтирана в тясното пространство на спътниковия корпус. Напрежението при изпитанията на прибора П-1 в монтажнокорпусите в Москва и на космодрума, беше огромно. Делегацията от трима млади български космически специалисти (с ръководител н.с. Стефан Чапкьнов, инж. Таня Иванова и техник Георги Карамисhev) бе подложена на сериозни изпитания, докато най-накрая бе подписано от всички отговорни инстанции заключението, че апаратурата се допуска до старта.

Нощният старт на "Интеркосмос-8" в ранните часове на 1 декември 1972 година беше наистина първото, но най-впечатляващо и силно запечатано в съзнанието ни професионално изпитание. Гостите на космодрума "Плесецк" бяха много - руските учени и специалисти от ИКИ-АН СССР проф. К.И.Грингауз и проф. Г.Л.Гдалевич, нашите стари чехски партньори д-р Павел Трижска, Ян Шмилауер и Камил Кубат, немските ни колеги д-р Ханс Фишер и Райнер Герш...Освен българската група от специалисти-участници в едномесечната предстартова подготовка, за изстрелването бяха пристигнали и академиците Л. Кръстанов и К. Серафимов.

Кристално чистият въздух на космодрума буквално трептеше. Нощта беше звездна, мразовита, 28 градуса под нулата. Тайгата - онази безкрайност от брези и ели - беше спокойна. Бялата, силно осветена ракета-носител се извисяваше високо към небесата, с кацналия на върха ѝ спътник под защитната островърха капсула и огромния червен надпис "Интеркосмос" върху 35-метровия ѝ корпус. Ние очаквахме старта в специален бункер, защото вибрациите и шумът по време на изстрелването са невъобразими. Точно в 1 часа след полунощ силен взрив разтърси стартовата площадка. Под мощната двустепенна ракета-носител лумнаха огнени пламъци и тя пое нагоре - отначало съвсем бавно, като че ли се подпираше на огнените си сопла, сетне за броени мигове се превърна в малка светеща точка. Феерията на нощния старт сред безкрайните снежни простори на тайгата е неопишуема!

Гледахме онемели от възторг и си стискахме ръцете за успешния старт, но напрежението не беше отминало. Следващите няколко часа, докато разберем дали нашият прибор работи в орбита, бяха може би "най-дългите" в живота ни. Чак когато разгърнахме първите телеметрични записи от научната апаратура на спътника, включена при втората му обиколка около Земята и видяхме на книжната лента познатите ни волт-амперни характеристики, въздъхнахме успокоени - апаратурата функционираше нормално. Сега вече можехме и да се поздравим.

Така на 1 декември 1972 година **България се нареди на 18-то място в списъка на "космическите държави"**, които пряко извеждат своя апаратура в Космоса, съгласно ратифицирания и от нашата страна договор за космическата дейност на държавите (приет от ООН през 1968г.). Така започна "космическата ера" за страната ни и през изминалите оттогава 35 години българските учени участваха активно в стотици интересни проекти в почти всички области на космическите изследвания.

Последвалите първи успехи

След като премина еуфорията около П-1 бяха разработени и изстреляни още цели серии други български прибори за директно изследване на йоносферата и високата атмосфера. Електронните прибори П-2 и П-3 летяха на борда на спътниците "Интеркосмос-12,14", а други модификации - на геофизичните ракети "Вертикал-3,4,6 и 7". Тези прибори бяха модернизирани, изработени изцяло на специализирани интегрални схеми (леки, нискоконсумативни, термоустойчиви), с оригинални конструкторски решения, увеличаващи информативността и точността на експеримента. Същевременно ГФК се разрастваше - към нас се присъединиха способните млади физици - Цветан Дачев, Людмил Банков, Георги Станев и Димитър Теодосиев, вече водещи в областта си учени. Те и досега се занимават с обработката и интерпретацията на получените от българските прибори данни и имат значителен принос в създаването на модел на околоземното космическо пространство. През 1978 година наред с комбинирания сондов прибор П-4, на автоматичната универсална орбитална станция (АУОС) - "Ионозонд-Интеркосмос-19" лети електрофотометърът ЕМО-1, с водещ ст.н.с. Ненчо Петков - сега директор на базовата обсерватория в Стара Загора.

Най-вълнуващото събитие в космическата ни активност към края на 70-те години беше подготовката на научната програма и стартът на първия български космонавт Георги Иванов, след което **България стана шестата поред в света държава със свой космонавт**. Полетът, осъществен на 10-12 април 1979 година на борда на космическия кораб "Союз-33", съвместно с космонавта Никалай Рукавишников, беше изключително сложен и драматичен. Поради повреда на главния двигател не можа да се осъществи скачването с Орбиталната станция "Салют-6" и беше под въпрос дори завръщането на самите космонавти на Земята! Те проявиха изключителен героизъм, самообладание и издръжливост, доказвайки за първи път експериментално, че космическите кораби

от типа "Союз" могат да се завърнат благополучно по балистична орбита.

Едно от най-значимите български научни постижения в областта на космическите изследвания беше програмата "България-1300", осъществена през 1981 година, в чест на 1300-годишнината от създаването на нашата държава. Бяха изведени в орбита два изкуствени спътника на Земята. Първият спътник "ИК-Б-1300" беше изцяло оборудван с комплекс от българска научна апаратура за изследвания в областта на космическата физика. Освен този спътник, изстрелян на орбита с височина около 900 км, програмата включваше и участието ни с научна апаратура за дистанционно изследване на Земята от втори спътник "Метеор-природа" на по-ниска орбита (600 km).

И двата научни комплекса работиха над три години, като данните бяха обработвани съвместно с данните от други спътници на Земята и бяха получени нови научни резултати и познания. Такъв пълен комплекс от апаратура за измервания на физическите параметри, както на нашия "ИК-Б-1300", нямаше дори и на американския "Дайнамик Експлорър", който летеше по същото време. На 21 декември 1981 г. на борда на геофизичната ракета "Вертикал 10" бе повторен апаратурният състав на "ИК-Б-1300" за сравняване на резултатите.

По данните от всички спътници и ракети, изстреляни по програмата "Интеркосмос" е изследвана глобалната йоносферно-магнитосферна динамика, изучени са механизмите, обуславящи разпределението на концентрацията, температурата и нееднородностите в йоносферата и термосферата.

Разширяване на областите на научни интереси

След тези първи големи успехи, българските учени се насочиха и към изследвания на другите планети от Слънчевата система. През 1984 - 1986 г., съвместно с Русия и Франция, при водещо участие на българските учени, бе създадена многоканална система ТКС, която работи успешно на борда на междупланетната станция "ВЕГА" по проекта "Венера-Халей" за изследване светенето на "опашката" на Халеевата комета.

През 1988 г. бе разработен при водещо българско участие, в сътрудничество с учени от Русия и Германия, и монтиран на борда на междупланетните станции "Фобос - 1" и "Фобос - 2" сложен видеоспектрометричен и навигационен комплекс "Фрегат". По проекта "Фобос" бяха получени уникални изображения на планетата Марс и на единия от спътниците му Фобос.

На 7 юни 1988 г. от космодрума в Байконур на борда на "Союз ТМ-5" потеглиха към Орбиталната станция (ОС) МИР **вторият български космонавт Александър Александров** в екипаж с опитните руски космонавти Анатоли Соловьев и Виктор Савиних. За този исторически полет беше разработена обширна научна програма и съответен апаратурен комплекс за изследвания в областта на космическата физика, дистанционните изследвания на Земята, космическа биология и медицина, микрогравитационните технологии [3]. Включени са десетки институции от системата на БАН и извън нея, като водещ научен институт за реализирането на проекта "Шипка" е ИКИ. За изпълнението на научната програма българските учени, разработват 15 изследователски прибора и провеждат към 50 научни експеримента, много от които продължават и след българския полет на ОС МИР с други екипажи (като "Люлин" и "Спектър-256"). Проектът "Шипка" се характеризира с комплексните си, задълбочени изследвания, насочени към изучаване на фундаментални въпроси на Космоса и влиянието му върху човека, при което бяха използвани най-съвременните постижения на компютърната техника и технологиите. Бяха получени изключително интересни нови данни и резултати.

Още през 1982 г. бяха замислени и бе започнала работата по стартиралите по-късно големи проекти като "Интербол" и Космическата оранжерия СВЕТ, чиито научни програми бяха осъществени изключително успешно чак до 2000 г., приключили с уникални научни резултати и прославили българските учени.

Не случайно именно в България беше организиран (през февруари 2002 г.) по линия на КОСПАР научен симпозиум с участието на 120 учени от цял свят за обсъждане на резултатите и отбелязване на **20-годишнината** от началото на проект **"Интербол"**. Международната космическа програма в областта на слънчево-земната физика е насочена пряко към изучаването на плазмените процеси в земната магнитосфера. "Интербол" включва 2 основни спътника, изведени на орбита през 1995 г. и 1996 г., всеки от които има субспътник. Първият е магнитосферна сонда, изведена на много висока орбита с апогей 200 хил. km, която служи за изучаване на взаимодействието на магнитосферата със слънчевия вятър. Вторият спътник, т. нар. аврорална сонда, е изстрелян на височина 20 хил. км. над полярните области за изследване на полярните шапки и полярната йоносфера. От българските учени са разработени редица научни апаратури за провеждане на различни видове експерименти, като "Амей 2", "Имап 3", "Уфсипс", "Кем 3". И двата спътника са предавали уникални данни за изследваните параметри до 2000 г., които в момента се обработват и анализират от учени от над 20 страни-участнички в проекта.

Космическата оранжерия СВЕТ е първата в света автоматизирана система за провеждане на дългосрочни експерименти с растения от изстрелването ѝ на борда на модул "Кристал" на 10 юни 1990 г., до края на съществуването на **ОС МИР** - 2001 г.[4]. В нея много международни екипажи проведоха по различни научни програми многомесечни (общо 680 дни) експерименти с различни видове култури. Получени са уникални резултати в областта на фундаменталната гравитационна биология. Доказано е, че безтегловността не е пречка за пълен цикъл на развитие (от семена засяти на борда да се родят "космически" семена) и репродуктивност на растенията и че те могат да бъдат използвани за храна и пречистване на въздуха на екипажите при бъдещите продължителни полети на човека (първоначално до Марс). Други интересни разработки на апаратура качена и работила дълго на ОС МИР са **"Невролаб-Б"**(1994 г.) за физиологически изследвания на екипажа и **УВЧ спектрометър Р-400** (1996 г.) по проекта "Природа". Българските учени участват и в проектите "Коронас", "Гранат", "Активен", "Апекс", "Марс-96", и др.

И днес българските учени са търсени и желани партньори, чиито приноси са известни и признати. Техните резултати са публикувани в стотици научни трудове и монографии в авторитетни научни списания у нас и в чужбина. Получени са десетки патенти и авторски свидетелства за изобретения. Може да се твърди, че днес няма голям международен проект, в който да не са били канени да участват учени и специалисти от БАН и България. Българска дозиметрична апаратура тип "Люлин" лети на Международната космическа станция още от 2001 г., очакваме изстрелването на прибор ДМ по проект "Заряд" за изследване процесите на поляризация на повърхността ѝ, 4 проекта на БАН са приети и по проекта SURE на ЕКА. Започна участието ни дори в проекти с ИМБП-РАН, свързани с полета на човека на Марс като "Марс-500" ("Оранжерея-Марс" на ИКИ) и "Фобос-Грунд" ("Люлин-Фобос" за радиационно сондиране по трасето Земя-Марс на ЦЛСЗВ). Борим се да получим подкрепа и от държавата и необходимото финансиране, за да станем асоцииран член на ЕКА първоначално и да можем да сме равноправен партньор в проектите на 7РП на ЕС, както и в други престижни международни проекти.

Литература

1. Т. Иванова, В. Стоянов. Оранжерия над небето. Изд. къща ВСТ, София, 2002.
2. T. Ivanova, S. Sapunova, I. Dandolov. 30 YEARS Bulgarian Equipment in Space. Aerospace Research in Bulgaria (ISSN 0861-1432), 18, 2004, 14-23.
3. T. Ivanova, S. Sapunova, S. Simeonov, I. Dandolov. Space Research in Bulgaria; Achievements in the Space Biology and Medicine. 52nd International Astronautical Congress, Houston, 10-19 October 2002, Rep. IAC-02-IAA.2.4.05.
4. T. Ivanova. Bulgarian SVET Space Greenhouse Project Proved Plants Utilization for MARS Manned Missions. Advances in Bulgarian Science, 2, 2005, 7-22.

MODEL OF GALACTIC AND LOW-ENERGY ANOMALOUS COSMIC RAY SPECTRUM IN THE HELIOSPHERE

Marusja Buchvarova¹, Peter Velinov²

¹Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: marusjab@space.bas.bg

²Solar–Terrestrial Influences Laboratory – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: pvelinov@bas.bg

Key words: *Galactic and anomalous cosmic rays, Modeling cosmic ray spectra, Solar activity*

Abstract: The proposed model generalizes the differential $D(E)$ spectra of galactic (GCR) and anomalous (ACR) cosmic ray protons and helium nuclei during the 11-year solar cycle. The model takes into account the CR modulation by the solar wind in the heliosphere. The model solutions are compared with IMAX92, CAPRICE94 and AMS98 measurements. This computed analytical model gives practical possibility for investigation of experimental data from measurements of galactic cosmic rays and their anomalous component. Modulated energy spectra of galactic cosmic rays are compared with force field approximation. The differences are in the order of 1.5 %.

1. Introduction

The primary Cosmic Rays (CRs) are mainly composed by protons, alpha-particles and heavier nuclei. Above 10 GeV, the modulation due to the magnetic field of the heliosphere is negligible and the energy spectra of cosmic ray nuclei are described by power laws:

$$(1) \quad D(E) = KE^{-\gamma}$$

with the spectral coefficient $\gamma \approx 2.75$ for protons and slightly smaller in magnitude for nuclei. The differential spectrum is usually given as number of cosmic ray particles passing through a unit area surface in a unit time from a unit solid angle per energy unit [1]. The unit is particles per $\text{m}^2 \text{ s str GeV/nuc}$.

Particles with energy below 20-50 GeV are subject to solar modulation. Here the spectrum deviates from the power law.

2. Modeling cosmic ray spectra

The observed CR spectrum can be distributed into the following five intervals [2, 3]:

- I ($E = 3 \cdot 10^6 - 10^{11}$ GeV/nuc),
- II ($E = 3 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^6$ GeV/nuc),
- III ($E = 30$ MeV/nuc – $3 \cdot 10^2$ GeV/nuc),
- IV ($E = 1 - 30$ MeV/nuc),
- V ($E = 10$ KeV/nuc – 1 MeV/nuc),

where E is the kinetic energy of the particles.

A model for calculation of the cosmic ray proton and helium spectra on the basis of balloon and satellite measurements in the energy intervals I – IV is proposed in this paper. The empirical model gives a practical possibility for investigation of experimental data from measurements of galactic cosmic rays and their anomalous component.

The expression for the differential spectrum (energy range E from 30 MeV to 100 GeV) of the protons and other groups of cosmic ray nuclei taking into account the anomalous cosmic rays (energy range E from 1 MeV to about 30 MeV) is [4]:

$$(2) \quad D(E) = D_{\text{LIS}} \left(1 + \frac{\alpha}{E} \right)^{-\beta} \left\{ \frac{1}{2} [1 + \tanh(\lambda(E - \mu))] \right\} + xE^{-\gamma} \left\{ \frac{1}{2} [1 - \tanh(\lambda(E - \mu))] \right\}$$

D_{LIS} is local interstellar spectrum. In energies $E > 100$ GeV the modulation effects are negligible and the main contribution gives the term D_{LIS} . Parameters α and β show the influence of modulation into the galactic spectrum; x and γ are related to modulation on the anomalous cosmic ray spectrum. The unit of differential intensity $D(E)$ is [part/m²s.ster.MeV/nucl], the energy E is in GeV/nucl.

The first term of Eq. 2 gives the main contribution in the interval between the energies 30 MeV and 1 GeV. The energy range 1.8 MeV to 30 MeV is determined predominantly by the second term. The members with tanh are smoothing functions [3]. The parameter $\lambda = 100$. The physical meaning of μ (GeV) is the energy at which the differential spectra of GCR and ACR contribute to the half of their values [5].

Here we present D_{LIS} with the power law spectra (Eq.1). $K_p = 25.298 \text{ GeV}^{2.75}/(\text{s.m}^2\text{ster.MeV})$ and $\gamma_p = 2.75$ for protons. The used parameters for the alpha particles are $K_\alpha = 1.145 \text{ GeV}^{2.68}/(\text{s.m}^2 \text{ster.MeV/nucl})$ and $\gamma_\alpha = 2.68$. The normalization constants K_p and K_α are chosen to match the modulated data near 100 GeV/nucl, where the modulation effect is negligible.

The calculation of parameters α , β , x , γ and μ is performed by Levenberg-Marquardt algorithm [6], applied to the special case of least squares. The described programme is realized in algorithmic language C++.

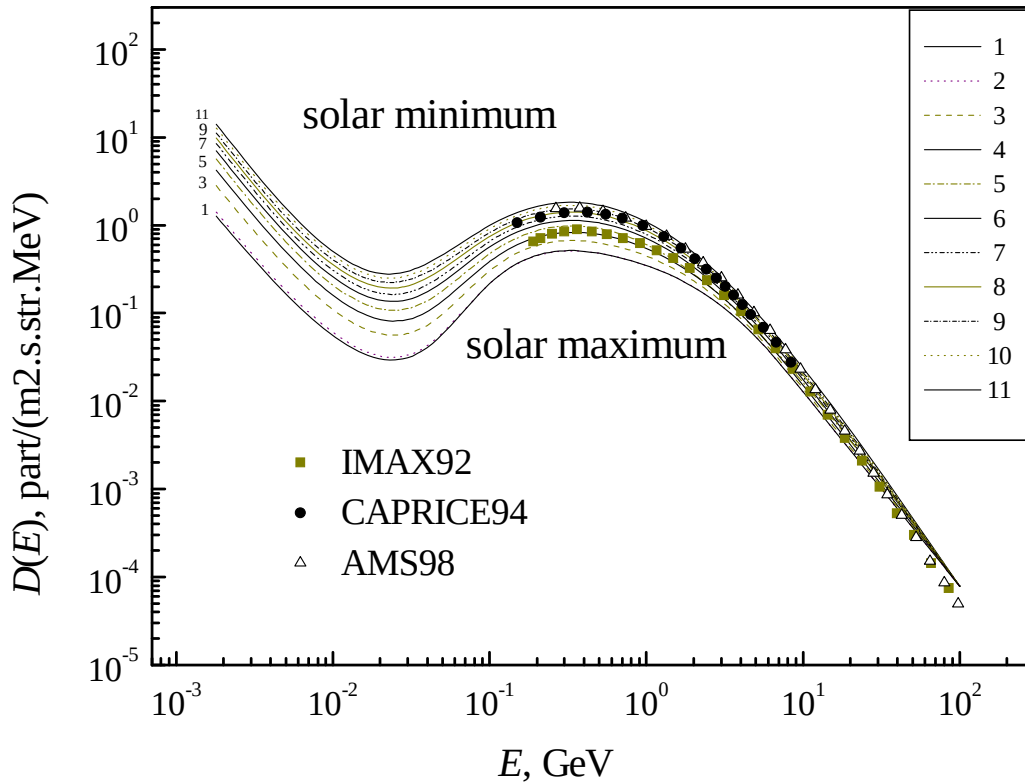


Fig. 1. The modelled spectrum $D(E)$ of CR protons for eleven levels of solar activity and measurements: ■ IMAX92 [7] and periods near to solar minimum – ● CAPRICE94 [8] and △ AMS98 [9]. Curve 1 is related to solar maximum and 11 – to solar minimum.

Differential energy spectra $D(E)$ of primary protons and helium nuclei are shown in Figs.1 and 2 for solar minimum and maximum for the Earth, respectively. The modeled spectra are compared with the

measurements for the period near to solar maximum - ■ IMAX92 [7] and periods near to solar minimum – ● CAPRICE94 [8] and ▲ AMS98 [9, 10].

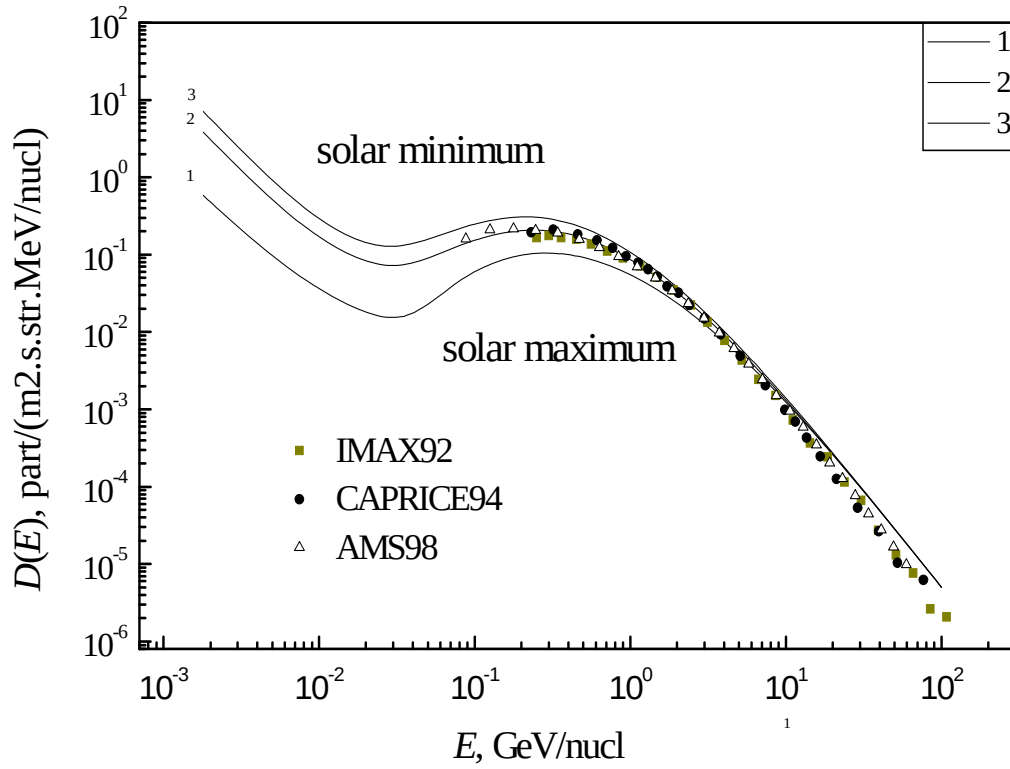


Fig. 2. The modeled spectrum $D(E)$ of CR helium nuclei for eleven levels of solar activity and measurements: ■ IMAX92 [7] and periods near to solar minimum – ● CAPRICE94 [8] and ▲ AMS98 [10]. Curve 1 is related to solar maximum 1989, 2 – to comparatively average level of the solar activity and 3 – to solar minimum.

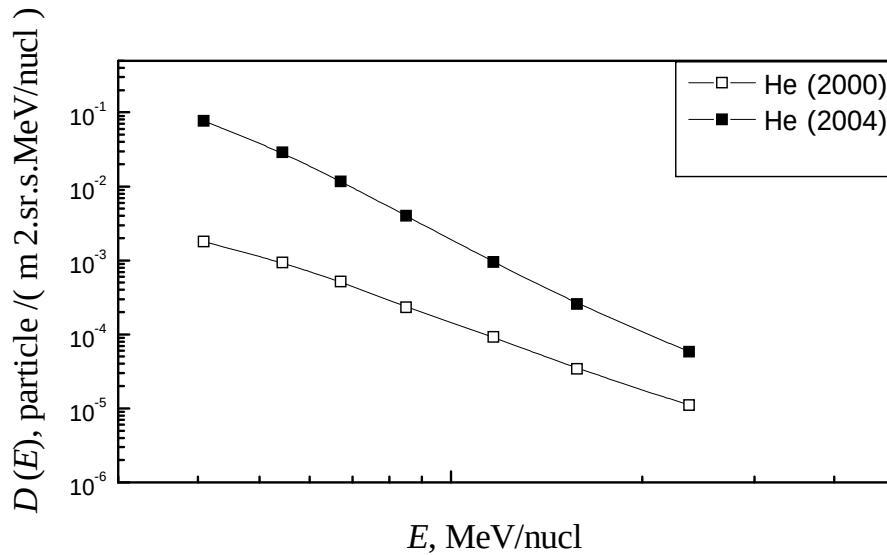


Fig. 3. Differential spectra for He for 2000 (solar maximum) and 2004 year (near to solar minimum), 27 day averages (SIS data [13])

Measurements of anomalous cosmic rays, free from contamination of solar and interplanetary particles at lower energy and free from GCR contamination at higher energies, are best made in the energy interval from ~5 to 25 MeV/nuc., where the flux is a decreasing function of energy. The stochastic Fermi acceleration model of Mobius et al. (1982) [11] predicts spectra that resemble steep power laws above 100 MeV/ nucl. that then bend over near 1 MeV / nucl. [12].

The SIS data [13] (27 day averages) for He from the 103 to 129 day of 2000 and from the 100 to 126 day of 2004 are presented on Fig. 3 for 1 AU. The computed values of the coefficients from Eq.1 for solar maximum (2000) are $x=0.129668$, $y=2.961969$ and near to minimum (2004) are $x=31.907868$, $y=4.212177$.

3. Comparison of the modeling galactic cosmic ray spectra with the force field approximation

The force field parameterization of cosmic ray nuclei at 1 AU is given as:

$$(3) \quad D(E, \Phi) = D_{LIS}(E + \Phi) \frac{E(E + 2E_0)}{(E + \Phi)(E + \Phi + 2E_0)}$$

$D(E, \Phi)$ is differential intensity of cosmic rays and $D_{LIS}(E + \Phi)$ is the local interstellar spectra of cosmic ray nuclei. E is the kinetic energy (in MeV/nuc) of cosmic nuclei with charge number Z and mass number A . This model has only one parameter - the modulation potential ϕ , whose value is given in units of MV. $\Phi = (Ze/A)\phi$ and $E_0 = 938$ MeV is the proton's rest mass energy. The value of $Ze\phi$ corresponds to the average energy loss of cosmic rays to reach the heliosphere [12].

We use D_{LIS} for the protons according to Usoskin et al., 2005 [12] and Burger, 2000 [14]:

$$(4) \quad D_{LIS}(E) = \frac{1.910^4 P(E)^{-2.78}}{1 + 0.4866 P(E)^{-2.51}}$$

when we compare the modeling cosmic ray spectrum (Eq. 2) with the force field approximation (Eq. 3).

We calculate differential intensities of galactic protons and alpha particles from Eq. 3 at given values of the modulation potential ϕ . The obtained spectra are fitting to Eq. 2 for the proton and alpha particles.

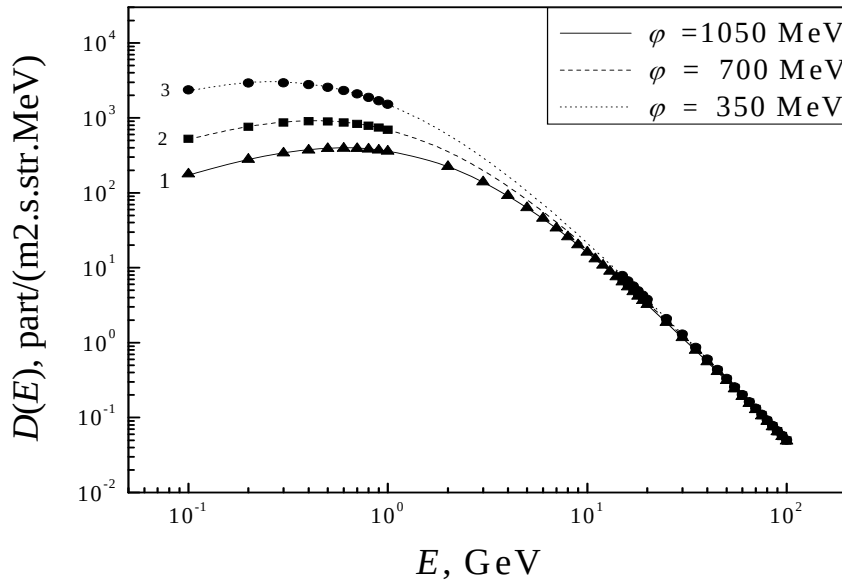


Fig. 4. Comparison of the spectrum from Eq. 2 for the protons with force field approximation for three values of the modulation parameter ϕ : $\bullet$ 350 MeV, $\blacksquare$ 700 MeV and $\blacktriangle$ 1050 MeV.

The fitting force field model for the galactic protons at three levels of solar activity to Eq. 2 is shown in Fig. 4. Curve 1 corresponds to $\phi = 1050$ MeV, curve 2 to $\phi = 700$ MeV and curve 3 to $\phi = 350$ MeV. It is seen from Fig. 4 that the values from force field approximation are well fitted to the values of our empirical model (Eq. 2).

The coefficients α , β and the corresponding values of χ^2_n for the three values of parameter φ from Fig. 4 are given in Table 1.

Table 1

Coefficients α , β and χ^2_n for the parameter $\varphi = 350, 700$ and 1050 MeV for the protons

Coeff.	$\varphi=350$ MeV	$\varphi=700$ MeV	$\varphi=1050$ MeV
α	1.614906	2.654086	3.559604
β	0.984487	1.324410	1.550514
χ^2_n	0.128163	0.777648	0.873369

Fig. 5 shows that the empirical model (Eq. 2) well fits the data from force field approximation (Eq.3) for the alpha particles for the three values of the modulation parameter $\varphi = 350$ MeV, 700 MeV and 1050 MeV.

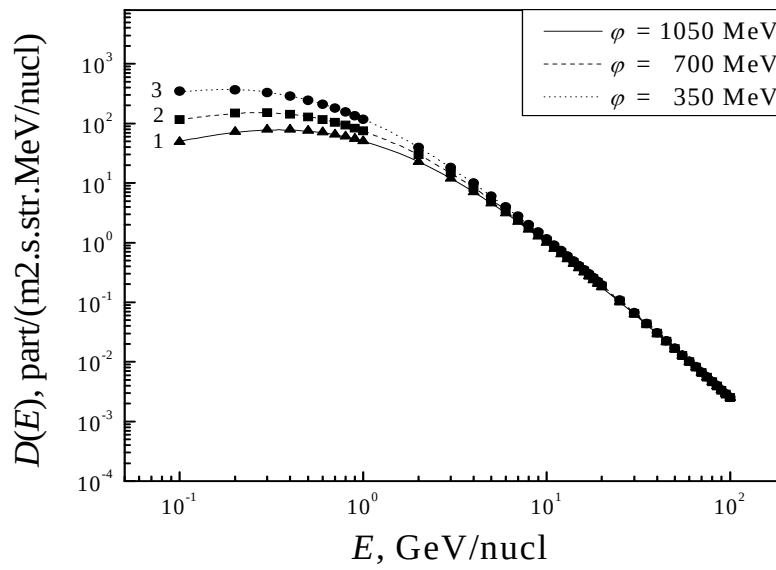


Fig. 5. Comparison of the spectrum from Eq. 2 for the alpha particles with force field approximation for three values of the modulation parameter φ : ●350 MeV, ■700 MeV and ▲1050 MeV

The values of coefficients α , β and corresponding values of χ^2_n for the three values of parameter φ for the curves on Fig. 5 are given in Table 2.

Table 2

Coefficients α , β and χ^2_n for the parameter $\varphi = 350, 700$ and 1050 MeV for the alpha particles

Coeff.	$\varphi=350$ MeV	$\varphi=700$ MeV	$\varphi=1050$ MeV
α	0.330025	0.650183	0.991097
β	0.742173	0.815748	0.853391
χ^2_n	0.524989	0.479832	0.593435

The fitted standard deviations for protons and alpha particles are in the range of 1.5%. Therefore $D(E)$ values from force field approximation are well fitted to the modulation equation (2) for protons and alpha particles at different modulation levels.

5. Conclusion

A model for calculation of the cosmic ray spectra on the basis of balloon and satellite measurements is proposed in this paper. It is taken into account in that model the influence of solar modulation on GCR and ACR by parameters α , β , x and y . The computed analytical model gives a practical possibility for investigation of experimental data from measurements of galactic cosmic rays and their anomalous component during the 11-year solar cycle.

Differential $D(E)$ spectrum (Eq. 2) of galactic and anomalous CR can be used for computation of the electron production rate profiles in the planetary atmospheres and ionospheres both for middle and high latitudes at which the ACR component is also taken into account [15]. The electron production rate, together with the chemical and transport (winds, waves, drifts, electric and magnetic fields, etc.) processes in the upper atmospheres, determines the ionization – neutralization balance in the ionospheres and the parameters of the global electric circuits.

References:

1. D o r m a n, L. I. Cosmic Rays in The Earth's Atmosphere and Underground. Astrophysics and Space Science Library, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2004.
2. D o r m a n, L. I. The Nature of the Observed Cosmic Ray Spectrum. Classification and the Features of Particle Propagation in Space, Proc. Of The 15th ICRC, Conf. Paper OG-106, 1, BAS Publ. House, Sofia, 1977, pp. 405-409.
3. V e l i n o v, P. I. Y. Expression for Differential Spectrum of Primary Cosmic Rays with Smoothing Function Tangens Hyperbolicus, Comptes Rendus De L' Academie Bulgare Des Sciences, 2002, 55, pp. 51 – 56.
4. V e l i n o v, P. I. Y. Modelling Particle Ionization of CR Intervals III, IV And V in the Planetary Ionospheres and Atmospheres, Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci., 2000, 53, pp. 37 – 40.
5. B u c h v a r o v a, M. Modelling the Cosmic Ray Spectrum. Calculation of CR Ionization Effects in The Planetary Ionospheres. Phd Thesis, Sofia, 2006, 151 pp.
6. P r e s s, W. H. et al. Numerical Recipes in C - The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
7. M e n n, W. et al., The Absolute Flux of Protons and Helium at the Top of the Atmosphere Using IMAX. Astrophysical Journal, 2000, 533, pp. 281 – 297
8. B o e z i o, M. et al., The Cosmic Ray Proton and Helium Spectra Between 0.4 and 200 GV, Astrophysical Journal 518, 1999, pp. 457- 472.
9. A l c a r a z J., et al., Cosmic Protons AMS Collaboration, Physics Letters, 2000a, 490, pp. 27–35
10. A l c a r a z J., et al., Helium in Near Earth Orbit AMS Collaboration. Physics Letters, 2000b, 494, pp.193–202
11. M ö b i u s et al., Comparison of helium and heavy ion spectra in He3-rich solar flares with model calculations based on stochastic Fermi acceleration in Alfvén turbulence, Astrophys. J.,1982, 259, pp. 397-410.
12. U s o s k i n, I. G. et al., Heliospheric Modulation of Cosmic Rays: Monthly Reconstruction for 1951-2004, Journal of Geophysical Research 110, (A12), Citeid A12108, 2005.
13. ACE measurements; URL: <http://www.srl.caltech.edu/ACE/ASC/level2/index.html>.
14. B u r g e r, R. A. et al., Rigidity Dependence of Cosmic Ray Proton Latitudinal Gradients Measured by the Ulysses Spacecraft: Implications for the Diffusion Tensor. Journal of Geophysical Research, 2000, 105, pp. 27447-27456.
15. V e l i n o v, P. I. Y. et al., Determination of Electron Production Rates Caused by Cosmic Ray Particles in Ionospheres of Terrestrial Planets, Advances in Space Research, 2001, 27, 1901 – 1908.

ПОВЕДЕНИЕ НА УЛТРАВИОЛЕТОВАТА СЛЪНЧЕВА РАДИАЦИЯ И ОЗОНА ПО ВРЕМЕ НА СЛЪНЧЕВОТО ЗАТЪМНЕНИЕ НА 29 МАРТ 2006

Богдана Мендева¹, Цветана Гогошева², Димитър Кръстев¹, Боян Петков^{1,3}

¹Централна лаборатория по слънчево-земни въздействия – Българска академия на науките
e-mail: bmendeva@abv.bg

²Институт по астрономия – Българска академия на науките

³Институт по атмосферни науки и климат, Национален изследователски съвет, 40129 Болоня,
ул.П.Джобети 101, Италия

Keywords: Ultraviolet solar radiation, total ozone content, ground based spectrophotometric measurements, solar eclipse

Abstract. This paper presents the total ozone content (TOC) behavior during the solar eclipse observations on 29 March 2006.

The TOC observations were performed in Stara Zagora, Bulgaria by a scanning ultraviolet spectrophotometer Photon, which measures the direct solar radiation. The detected TOC demonstrates a decrease from 310 DU before the first contact till 216 DU in the maximum obscuration. Two maxima on either side of the totality also are found.

The course of the different wavelength intensities in the range (300-360) nm is investigated. The measurements show that the radiation decrease during eclipse (76% max coverage for Stara Zagora) is different for separate wavelengths i.e. the irradiance at shorter wavelengths is reduced more than at longer wavelengths (limb darkening effect).

Апаратура и метод на измерване

Изменението на времевия ход и спектралния състав на слънчевата радиация по време на затъмнението на 29 март 2006 г. се измерваше със сканиращия спектрофотометър "Фотон", регистриращ спектри от прякото слънчево излъчване. Датчикът е монохроматор Seya-Namioka с вдлъбната дифракционна решетка, свързана със стълков двигател, чрез който се извършва сканиране по спектъра в диапазона 300-360 nm с разрешение 1 nm. Системата се управлява от микропроцесор и данните се записват в компютър. Датчикът е монтиран на слънчево-следящата система на 20 cm – телескоп. Това осигурява висока точност на насочването му и автоматичното следене на Слънцето.

За определяне на общото съдържание на озона (ОСО) по поглъщането на прякото слънчево лъчение в определени участъци от спектъра използваме закона на Bouguer-Lambert. Той описва отслабването на слънчевия лъч с дължина на вълната λ при неговото преминаване през земната атмосфера:

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) e^{-\alpha(\lambda) d \sec(z)}$$

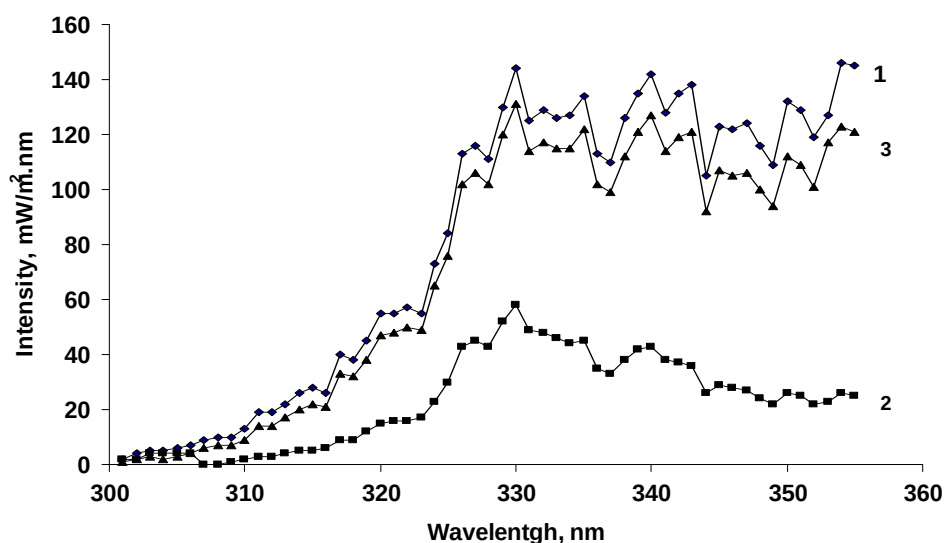
Тук $I(\lambda)$ е интензитетът на слънчевото излъчване с дължина λ , измерен на земната повърхност, $I_0(\lambda)$ – съответното лъчение, измерено на границата на земната атмосфера, z - зенитното отстояние на Слънцето, d - дължината на пътя на слънчевия лъч в атмосферата, $\alpha(\lambda)$ – общият коефициент на отслабване на излъчването в атмосферата, който е сума от коефициентите на поглъщане на озона, релеевското и μ -разсейването. За да се доведат до минимум грешките, свързани с неточното определяне на молекулярното разсейване, ние използваме 25 двойки дължини на вълни.

Резултати и обсъждане

Измерването на UV радиация и определянето на ОСО по време на затъмнението на 29.03.2006 г. беше проведено в Стара Загора, където максималната фаза на покритие на слънчевия диск беше 76% в 12:55 LT (UT + 2) h. Затъмнението започна в 11:40 LT (I контакт) и завърши в 14:08 LT (IV контакт). Всички измервания бяха направени при безоблачно небе. В деня на затъмнението бяха регистрирани 42 спектъра от прякото слънчево излъчване. Като пример на фиг.1 са показани три

спектъра: (1) - преди затъмнението, (2) – в максималната фаза и (3) – след откриването на слънчевия диск.

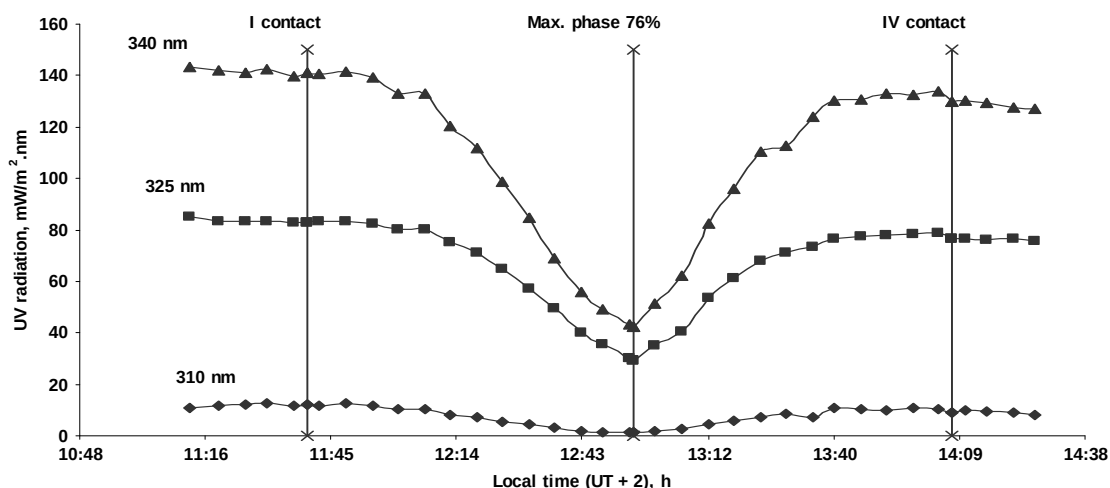
Solar eclipse 29.03.2006 - UV spectra



Фиг. 1. Директни слънчеви спектри : 1 – преди затъмнението, 2 – в максималната фаза, 3 – след затъмнението

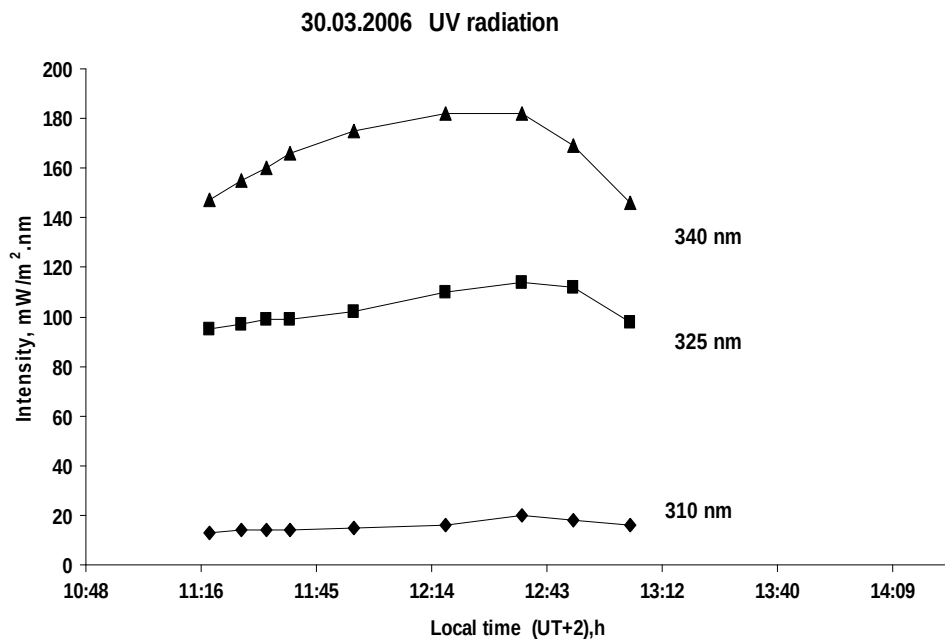
На фиг. 2 са представени интензитетите на УВ лъчението в няколко дължини на вълните, измерени на 29 март. Вижда се, че техният ход добре и безинерционно описва характерните моменти на затъмнението: начало, максимална фаза и край. Тъй като горната кулминация на Слънцето е 33 минути преди максималната фаза на затъмнението, този ход на УВ излъчването е комбинация от ефекта на затъмнението и промените в интензитета на лъчението, предизвикани от изменението на зенитния ъгъл на Слънцето.

29.03.2006 Solar eclipse, UV radiation



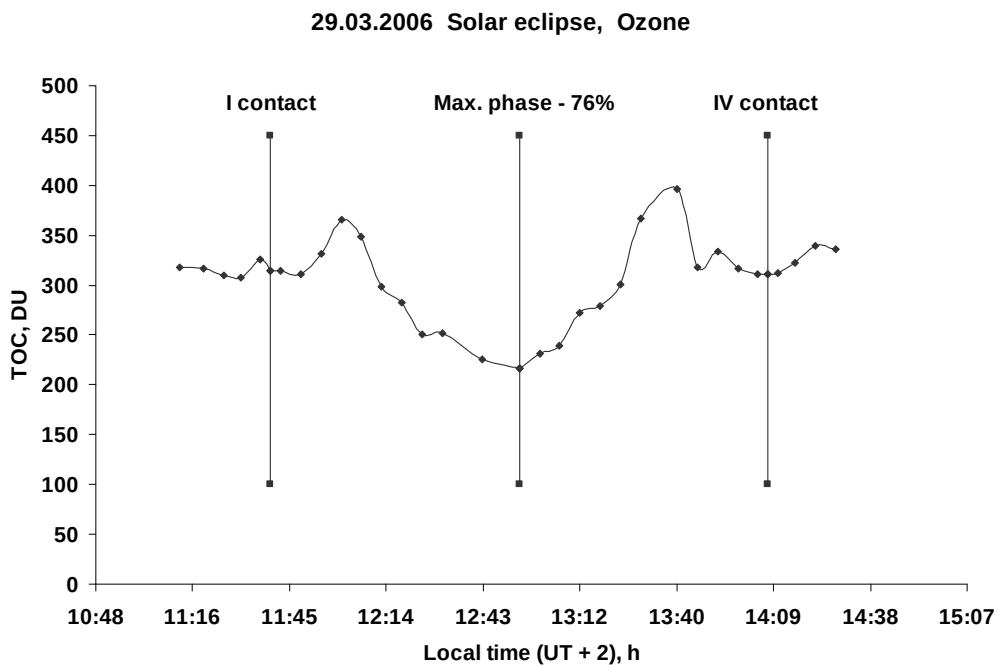
Фиг. 2. Ход на ултравиолетовите линии 310 nm, 325 nm и 340 nm по време на слънчевото затъмнение на 29.03.2006 г.

Фиг. 3 показва за сравнение интензитетите на същите тези линии на 30 март 2006 г. (контролен ден). Вижда се нормалният, обикновен максимум по време на горната кулминация на Слънцето.

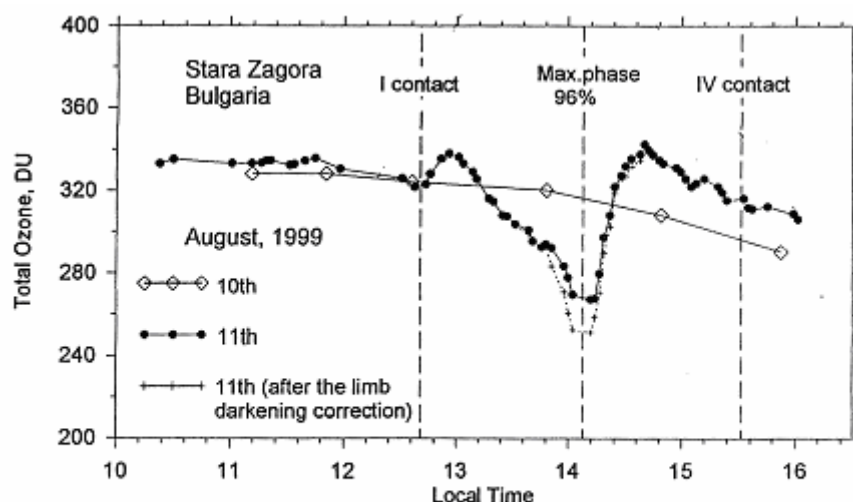


Фиг. 3. *Ход на ултравиолетовите линии 310 nm, 325 nm и 340 nm в контролния ден – 30.03.2006 г.*

Анализът на данните показва, че по време на затъмнението намалението на интензитетите на различните дължини на вълните е различно. По-силно намаляват по-късите вълни. Това е предизвикано от ефекта на потъмнение на края на слънчевия диск, който е избирателен и се усилва с намалението на дължините на вълните [1, 2].



Фиг. 4. *Поведение на общото съдържание на озона по време на слънчевото затъмнение на 29.03.2006 г.*



Фиг. 5. Поведение на общото съдържание на озона по време на слънчевото затъмнение на 11.08.1999 г. [3].

Определянето на ОСО от измерените спектри е направено по многовъълновия метод. Резултатите са показани на фиг.4. Първата аномалия започва веднага след първия контакт. Вижда се едно рязко повишение на ОСО с 50 DU. Следва едно намаление на количеството озон, което около максималната фаза на затъмнението е със 120 DU по-малко в сравнение с това в контролния ден. Веднага след максималната фаза ОСО бързо нараства и 45 минути след нея е с 50 DU по-високо от контролния ден. След това повишение следва рязко намаление до стойности, близки до тези от контролния ден. Регистрираният тук ход на озона почти съвпада с полученото от нас поведение на ОСО по време на слънчевото затъмнение на 11.08.1999 г. (фиг.5) [3], а също така и с резултатите, показани от други автори [4,5].

Заклучение

Получените резултати за общото съдържание на озона показват намаление на озона в максималната фаза на затъмнението. Ние пресмятаме ОСО от измерените интензитети на директното слънчево лъчение чрез стандартния метод на диференциално поглъщане. Тук не сме отчели "limb darkening effect", както и повишеното влияние на дифузната радиация върху директното лъчение по време на затъмнението. Тези ефекти трябва да се отчетат в бъдещите анализи на получените резултати от измерванията и тогава да се търсят причините за реалните вариации на ОСО по време на слънчево затъмнение.

Засега в литературата няма окончателно физическо обяснение на получаваните вариации в поведението на озона по време на слънчево затъмнение. Те могат да се дължат на различни причини – както динамични, така и фотохимични. Съществуващият по време на затъмнение температурен градиент около сянката създава динамична нестабилност, която може да промени атмосферната циркулация и така да повлияе на хода на озоновото съдържание. От друга страна, измененията в интензитета на ултравиолетовата радиация, която участва в създаването и разрушаването на озоновите молекули, могат да доведат до съществени вариации на общото съдържание на озона.

Литература:

1. Г и б с о н Е. Спокойное солнце. Москва, Изд. Мир, 12, 1977.
2. А л л е н К.У. Астрофизические величины. Москва, Изд. Мир, 243, 1977.
3. В. Р е т к о в, Т. С. Г о г о с h e v a, Р. W e r n e r, Д. К р а с t e v. Journal of Appl. Electromagnetism, 4, No 1, 51-60, 2002.
4. M i m s F.M., E.R. M i m s. Geophys. Res. Lett., 20, 367-370, 1993.
5. С h a k r a b a r t y D.K., N.C. S h a n, K.V. P a n d y a. Geophys. Res. Lett., 24, 3001-3005, 1997.

ОРБИТАЛНА ЕВОЛЮЦИЯ И УСТОЙЧИВОСТ В ПЛАНЕТАРНИ СИСТЕМИ

Пламен Тренчев, Костадин Шейретски, Георги Киров

Space Research Institute — Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ptrenchev@space.bas.bg

Key words: планетарни системи, нелинейна динамика, бифуркация, астероиден пояс, резонанс, секуларна динамика

Abstract: Откриването на все повече планети извън Слънчевата система дава нарастващи възможности за изследване и разбиране на процесите на формиране и еволюция на различни типове планетарни системи, включително Слънчевата система. На практика, динамичните характеристики на много от тези системи са твърде различни от динамиката на планетите от Слънчевата система. Въпреки това, съществуват достатъчно сходства между планетите от и извън Слънчевата система. Целта на настоящата работа е да се изследва орбиталната еволюция и устойчивост на планетарна система с отчитане на взаимодействието с астероиден пояс в системата посредством стандартен анализ на фазовото пространство.

Проведено е изследване на орбиталната еволюция и устойчивост на планетарни системи при отчитане на взаимодействието с вътрешен пояс от малки тела посредством стандартен анализ на фазовата равнина. Наред с фиксираните точки, съответстващи на Кеплерови орбити, съществуват и други фиксирани точки около вътрешната и външната граница на пояса. Проведеният анализ показва, че вероятността за устойчиво движение на планетите около вътрешната граница на пояса е по-голяма от вероятността за устойчиво движение около външната му граница. При провеждане на съответен анализ по отношение на Слънчевата система става ясно, че би могло да се дефинира естествен механизъм на орбитална класификация на по-големите обекти от пояса на Кайпер, с което достатъчно надеждно да се обясни липсата на тези обекти на разстояние над 50 а.е.

Откриването на все повече планети извън Слънчевата система дава нарастващи възможности за изследване и разбиране на процесите на формиране и еволюция на различни типове планетарни системи, включително Слънчевата система. Според Extrasolar Planets Catalog понастоящем са детектирани около 200 планети с маси в интервала 0.16 до $17 M_J$ (M_J - маса на Юпитер) и главни полуоси в интервала 0.04 а.е. до 4.5 а.е. при изключително голяма вариация в ексцентрицитетите. Става ясно, че динамичните характеристики на много от тези планети са твърде различни от динамиката на планетите от Слънчевата система.

Въпреки това съществуват достатъчно сходства между планетите от и извън Слънчевата система. Детектирани са, например, планети с маса, съизмерима с масата на Юпитер, движещи се по кръгова орбита с голям период. Нещо повече, някои планетарни системи претендират да имат диск от прах и малки частици, поради което могат да се разглеждат като млади аналози на пояса на Куйпер в Слънчевата система. Ако тези дискове са достатъчно масивни, те биха могли да играят съществена роля при определянето на орбиталните елементи на планетите. Terquem & Papaloizou [2002] демонстрират интересен механизъм за обясняване на динамиката в откритите планетарни системи – масивните планети се формират във вътрешната част на системата и се движат по кръгови орбити вследствие на приливното взаимодействие с диска, докато слабо-масивните планети се формират в по-външната част на системата и взаимодействат с вътрешната. По този начин ексцентрицитета на масивните планети нараства, което е в съответствие с наблюденията. Въпреки че диска е възможно да бъде частично опразнен и постепенно да става все по-малко масивен, твърде е възможно една част от тях да е оцеляла понастоящем, подобно на Астероидния пояс и пояса на Кайпер в Слънчевата система и тези пояси могат да играят важна роля в цялата динамична история на планетите и на планетарната система като цяло.

Поради това е важно да се направи обобщен анализ на решенията за динамичните системи с отчитане на взаимодействията между планетите и поясите. Подобен анализ е извършен от Jiang & Yeh [2003] за пояс с плътност c/r , където c е константа. Поради твърде сложният вид на гравитационната сила на пояса, включващ сложни елиптични интегрални, удачно е да се използват

опростени аналитични формули за оценка на силата. Основен извод, който се налага, е че вътрешната част на пояса е по-устойчива от неговата външна част по отношение динамиката на планетите. Това е картина, която се наблюдава в Астероидния пояс в Слънчевата система.

По същество се изследва орбиталната еволюция на планета, която се движи около централна звезда и взаимодейства с пояс от планетезимали. Поясът е пръстеновиден с вътрешен радиус r_1 и външен радиус r_2 . Параметрите за дължина и време са така избрани, че да могат лесно да бъдат сравнявани с размерностите в нашата Слънчева система. Както е добре известно, в Слънчевата система съществуват два пояса: Астероиден пояс във вътрешната част на системата, и пояс на Кайпер във външната част. В случая удачно е да се изберат следните параметри: за $r_1 = 3$ и $r_2 = 6$, защото, първо, когато дължината е 1 а.е., интервала $[r_1, r_2]$ обхваща приблизително областта, заета от Астероидния пояс; второ, при дължина от 10 а.е. интервала $[r_1, r_2]$ обхваща приблизително региона на пояса на Кайпер.

Приема се, че разстоянието между централната звезда и планетата е r , като r е функция на времето. Сумарната сила f , действаща върху планетата, включва комбинираното въздействие на звездата и пояса. Гравитационната сила от централната звезда е

$$(1) \quad f_s = -\frac{m}{r^2},$$

като в случая сме приели, че масата на звездата е 1 и гравитационната константа $G = 1$.

От друга страна, гравитационната сила f_b от пояса, действаща върху планетата, е сложна и включва елиптични интеграли. В този случай най-доброто решение е стойността на тази сила да се пресметне числено.

Тъй като планетезималите в пояса най-често са неравномерно разпределени, планетата ще изпитва сила на триене при преминаването си през областта на пояса. Тази сила е пропорционална на радиалната скорост на планетата dr/dt :

$$(2) \quad \tilde{f}_\alpha = -\alpha \rho(r) \frac{dr}{dt},$$

където α е коефициент на триене, а ρ е честотния профил на пояса.

Тъй като компонентата $d\theta/dt$ на планетарната скорост се игнорира в израза за силата на триене, ъгловият момент l има консервативен характер, и следователно:

$$(3) \quad mr^2 d\theta = l dt.$$

Това означава, че втория закон на Кеплер е все още валиден тук и поради това θ може да се използва като независима променлива.

Означаваме с $u = 1/r$ и с отчитане на уравнение (3), имаме:

$$(4) \quad \frac{dr}{dt} = \frac{dr}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = \frac{l}{mr^2} \frac{dr}{d\theta} = -\frac{l}{m} \frac{du}{d\theta}.$$

Уравнение (2) може да бъде записано като:

$$(5) \quad \tilde{f}_\alpha = -\alpha \rho(r) \left[\frac{l}{m} \frac{du}{d\theta} \right] \frac{dr}{dt} = \frac{\alpha \rho l}{m} \frac{du}{d\theta}.$$

Тъй като планетата изпитва сила на триене само в зоната на пояса, може да се дефинира следното ограничение:

$$(6) \quad f_\alpha = \tilde{\beta} \tilde{f}_\alpha,$$

където

$$(7) \quad \tilde{\beta} = \begin{cases} 1, & \text{ако } r_1 < r < r_2 \\ 0, & \text{ако } r > r_2 \text{ или } r < r_1 \end{cases}.$$

Уравнението на движение за планетата е

$$(8) \quad \frac{d^2 u}{d\theta^2} = -u - \frac{mf\left(\frac{1}{u}\right)}{l^2 u^2},$$

където $u = 1/r$, m , l са съответно масата и ъгловия момент на планетата, f е сумарната силна, действаща върху планетата. Това уравнение е в сила, само когато нямаме наличие на нерадиални сили. За описване положението на планетата използваме полярни координати (r, θ) . Тъй като

$$(9) \quad f = f_s + f_b + f_\alpha, \text{ уравнение (8) добива вида:}$$

$$(10) \quad \frac{d^2 u}{d\theta^2} = -u + \frac{m^2}{l^2} - \frac{m^2 f_b}{l^2 u^2} - \frac{\alpha \beta \rho}{l u^2} \frac{du}{d\theta}$$

Следователно, уравнението на движение за разглежданата система може да бъде записана във вида:

$$(11) \quad \begin{aligned} \frac{du}{d\theta} &= v \equiv h_1(u, v) \\ \frac{du}{d\theta} &= -u - \beta k_1 v \frac{\rho}{u^2} + k_2 - k_2 \frac{f_b}{u^2} \equiv h_2(u, v) \end{aligned},$$

където $k_1 = \alpha / l$, $k_2 = m^2 / l^2$.

Посредством линеаризационен анализ за собствените стойности λ , съответстващи на фиксирани точки $(u_*, 0)$, получаваме:

$$(12) \quad \left(\frac{\partial h_1}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} - \lambda \right) \left(\frac{\partial h_2}{\partial v} \Big|_{(u_*, 0)} - \lambda \right) - \left(\frac{\partial h_1}{\partial v} \Big|_{(u_*, 0)} - \lambda \right) \left(\frac{\partial h_2}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} - \lambda \right) = 0,$$

където

$$(13) \quad h_1(u, v) = v, \quad h_2(u, v) = -u - \frac{\beta(k_1 \rho v)}{u^2} + k_2 - \frac{k_2 f_b}{u^2}.$$

Следователно, уравнение (12) добива вида:

$$(14) \quad \begin{aligned} &\left(\frac{\partial h_1}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} - \lambda \right) \left(\frac{\partial h_2}{\partial v} \Big|_{(u_*, 0)} - \lambda \right) - \left(\frac{\partial h_1}{\partial v} \Big|_{(u_*, 0)} - \lambda \right) \left(\frac{\partial h_2}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} - \lambda \right) = 0 \\ &\lambda^2 + \frac{\beta k_1 \rho}{u_*^2} \lambda + \left(1 - \frac{2\beta k_1 \rho v}{u^3} \Big|_{(u_*, 0)} + k_2 \frac{\partial B}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} \right) = 0 \end{aligned}$$

където $B = \frac{f_b}{u^2}$.

Когато планетата е извън зоната на пояса, което е в сила при $\beta = 0$, имаме:

$$(15) \quad \lambda = \pm \sqrt{-1 - k_2 \frac{\partial B}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)}}.$$

В такъв случай имаме два възможни случая:

Случай I : При $-1 - k_2 \frac{\partial B}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} > 0$, фиксираната точка е тип седло;

Случай II : При $-1 - k_2 \frac{\partial B}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} < 0$, фиксираната точка е тип център.

Когато планетата се намира в зоната на пояса, то $\beta = 1$, и следователно:

$$(16) \quad \lambda = \frac{k_1 \rho}{2u_*^2} \left[-1 \pm \sqrt{1 - 4 \left(1 + k_2 \frac{\partial B}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} \right) \left(\frac{u_*^2}{k_1 \rho} \right)^2} \right].$$

Определяме $\Delta = 1 - 4 \left(1 + k_2 \frac{\partial B}{\partial u} \Big|_{(u_*, 0)} \right) \left(\frac{u_*^2}{k_1 \rho} \right)^2$. Възможни са три случая:

Случай I: При $\Delta < 0$ имаме две собствени стойности $\lambda_{1,2} = -a \pm bi$ при $a, b > 0$, фиксираната точка е устойчива спирала;

Случай II: При $0 < \Delta < 1$ двете собствени стойности са отрицателни – фиксираната точка в случая е устойчив възел;

Случай III: При $\Delta > 1$ едната собствена стойност е положителна, а другата – отрицателна и фиксираната точка е тип седло.

Заклучение

Разгледана е орбиталната еволюция и устойчивост на планетарни системи с отчитане на взаимодействието между планета и пояса посредством стандартен анализ на фазовата равнина. Трябва да отбележим, че фиксираните точки във фазовата равнина съответстват на кръгови орбити в орбиталната равнина. Когато масата на телата в пояса е малка, бифуркационната диаграма е почти права линия, т.е. имаме Кеплерови орбити. Когато масата на телата в пояса е по-голяма, имаме повече от една фиксирани точки, като едната съответства на Кеплерова орбита, а другите фиксирани точки винаги са близо или до вътрешния край $u = 1/r_1$ или до външния край $u = 1/r_2$ на пояса.

Литература

1. Allen R.L., G.M. Bernstein, R. Malhotra. 2001, The edge of the Solar System, The Astrophysical Journal, 549, 241-244.
2. Jiang I.-G., Ip, W.-H. 2001, The planetary system of epsilon Andromedae, Astron. & Astrophys., 367, 943-948
3. Kaulakys B., F. Ivanauskas, T. Meskauskas. 1999, Synchronization of chaotic systems driven by identical noise, Int. J. Bifurcation and Chaos 9, 533-53
4. Murray C.D., S.F. Dermott. 1999, Solar system dynamics, Cambridge University Press
5. Yeh L.-C., I.-G. Jiang. 2001, Orbital evolution of scattered planets, The Astrophysical Journal 561, 364-371.
6. Thommes E.W., M.J. Duncan, H.F. Levison. 1999, The formation of Uranus and Neptune in the Jupiter-Saturn region of the Solar System, Nature, 402, 635-638

ХАОТИЧНА ДИНАМИКА НА СПЪТНИК, ДВИЖЕЩ СЕ ПО КРЪГОВА ОРБИТА В ГРАВИТАЦИОННО ПОЛЕ, ПОДЛОЖЕН НА ДЕЙСТВИЕТО НА МАГНИТЕН И ПРИЛИВЕН МОМЕНТ

Костадин Шейретски¹, Пламен Тренчев¹, Георги Киров²

¹Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: ksheiretsky@space.bas.bg

²Институт по управление и системни изследвания - Българска академия на науките
e-mail: kirov@icsr.bas.bg

CHAOTIC DYNAMIC OF SATELLITE MOVING ALONG CIRCULAR ORBIT IN THE GRAVITATIONAL FIELD, INFLUENCED BY MAGNETIC AND TIDAL MOMENTS

Kostadin Sheiretsky¹, Plamen Trenchev¹, Georgi Kirov²

¹Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences,

²Institute of Control and System Research - Bulgarian Academy of Sciences

Key words: celestial mechanics, nonlinear oscillations, chaotic dynamic

Abstract: The movement of the satellite round the circular orbit is a known and successfully investigated task using analytical methods. Adding of the tidal moment as well as reporting of the magnetic field of the satellite could lead quality different dynamic phenomenon. Simultaneously with the regular decisions could appear a new one describing stochastic result. During the process, the conditions in which the chaotic movement appeared are defined, in case of non defined solid as well.

Ключови думи: небесна механика, нелинейна динамика, хаотични системи.

Резюме: Движението на спътник по кръгова орбита е задача, считана за позната и успешно изследвана посредством аналитични методи. Добавянето на приливния момент, както и отчитането на магнитното поле на спътника, могат да доведат до изненадващи качествено различни динамични явления. Наред с регулярните решения могат да се получат и решения, описващи стохастично поведение. В работата са определени условията, при които настъпва хаотично движение, в случай на произволно твърдо тяло, както и при сферично тяло.

Въведение

Динамиката на въртеливото движение на близките до централното тяло спътници, в голяма степен се определя от приливния момент. При условие, че скоростта на въртене на спътника е различна от скоростта на неговото движение около привличащия център, възникват деформации по повърхността на спътника и се образуват приливни гърбици.

Преместването на приливните гърбици води до преразпределение на масите на тялото, а следователно изменя и момента на инерция.

Някои небесни тела създават в пространството забележими магнитни полета. Взаимодействието на тези полета може да окаже съществено влияние на динамиката на спътниците.

Едновременните действия на гравитационния, приливния и магнитния моменти, се разглеждат в случая на равнинно въртене на спътника, който е постоянно намагнитен по протежение на една от главните оси на елипсоида си на инерция, намира се в нютоново гравитационно поле и диполно поле

с $\vec{H} = \frac{\mu_c}{r^3} \{ 3(\vec{K} \cdot \vec{e}_r) \vec{e}_r - \vec{K} \}$, където μ_c е модул на постоянния магнитен момент на централното тяло,

$\vec{K}$ е орт на вектора на магнитния момент, $\vec{e}_r$ е орт на радиус-вектора на точката в пространството, в което се определя напрегнатостта. Оста на дипола през цялото време се намира в равнината на орбитата на небесното тяло. Уравнението, което описва поставената от нас задача [2] е

$$(1) \quad \frac{d^2 \delta}{du^2} + \beta \frac{d\delta}{du} + n^2 \sin \delta = 3\alpha \cos\left(\frac{\delta}{2} - u\right) - \alpha \cos\left(\frac{\delta}{2} + u\right),$$

където $n^2 = \frac{3(A-C)}{2B}$, A, B, C - главни моменти на инерция, $\mu = M\gamma$, γ - гравитационна константа,

M - маса на централното тяло, $\alpha = \frac{I\mu_c}{B\mu}$, I - постоянен магнитен момент на небесното тяло, с

посока успоредна на момента на инерция C , $u = \nu + \omega$, ν - истинска аномалия, ω - постоянна инклинация на радиус-вектора на перигея на спътниковата орбита по отношение на екватора на планетата, $\delta = 2\Theta$, Θ е ъгълът образуван от посоката определена от C и текущия радиус-вектор на орбитата.

В случая, когато спътникът има сферична форма, т.е. $n^2 = 0$, може да въведем нова променлива x посредством равенството

$$x = \frac{\delta}{2} - \frac{\pi}{2} - u.$$

В този случай уравнение (1) приема вида

$$(2) \quad \frac{d^2 x}{du^2} + \beta \left(\frac{dx}{du} + 1 \right) + \varpi^2 \sin x = \frac{\varpi^2}{3} \sin(x + 2u),$$

където $\varpi^2 = \frac{3\alpha}{2}$.

Задачата, която си поставяме е посредством анализ на уравненията (1) и (2) да се определят условията, при които настъпва преход от регулярно към хаотично движение.

Хаотичен режим при несферична форма на спътника

Нека направим замяната $nu = \tau$ в уравнение (1). Означаваме с $\beta_1 = \frac{\beta}{n^2}$ и $\alpha_1 = \frac{\alpha}{n^2}$.

Въвеждаме две нови променливи η и θ и свеждаме уравнение (1) до системата

$$(3) \quad \begin{aligned} \dot{\delta} &= \eta, \\ \dot{\eta} &= -\sin \delta - \beta_1 \eta + 3\alpha_1 \cos\left(\frac{\delta}{2} - \theta\right) - \alpha_1 \cos\left(\frac{\delta}{2} + \theta\right), \\ \dot{\theta} &= \frac{1}{n}. \end{aligned}$$

С точка в случая е означена производната по новата променлива τ .

Използваме метода на Мелников, който позволява да се изследва стохастичността в близост до сепаратрисите при наличие на дисипация. Съгласно теорията [3], въвежда се дистанцията на Мелников $D(\tau_0)$ посредством равенството

$$(4) \quad D(\tau_0, \tau_0) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f_0 \wedge f_1 d\tau$$

и тя определя характера на движението, в случай че променя знака си, тогава движението в разглежданата област е хаотично. Операторът $\wedge$ се дефинира съгласно закона

$$f_0 \wedge f_1 = f_{01} f_{11} - f_{02} f_{12}, \quad \text{където} \quad f_0 = \begin{pmatrix} f_{01} \\ f_{02} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \eta_s \\ \sin \delta_s \end{pmatrix} \quad \text{и}$$

$$f_1 = \begin{pmatrix} f_{11} \\ f_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -\beta_1 \eta_s + 3\alpha_1 \cos\left(\frac{\delta_s}{2} - \theta\right) - \alpha_1 \cos\left(\frac{\delta_s}{2} + \theta\right) \end{pmatrix}; \quad \delta_s = 2 \arcsin(\text{th } \tau), \quad \eta_s = \frac{2}{ch \tau}.$$

Определяме θ по следния начин $\theta = \frac{\tau}{n} + \theta_0$. Окончателната форма на интеграла (4) приема

вида

$$(5) \quad D(\tau, \tau_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left\{ \frac{4\beta_1}{ch^2 \tau} - \frac{6\alpha_1}{ch \tau} \cos \left(\arcsin th \tau - \frac{\tau}{n} - \theta_0 \right) + \frac{2\alpha_1}{ch \tau} \cos \left(\arcsin th \tau + \frac{\tau}{n} + \theta_0 \right) \right\} d\tau$$

Използваме свойствата на тригонометричните функции и достигаем до израза

$$(6) \quad D(\tau, \tau_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{4\beta_1}{ch^2 \tau} d\tau - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{4\alpha_1}{ch^2 \tau} \cos \left(\frac{\tau}{n} + \theta_0 \right) d\tau - \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{8\alpha_1}{ch^2 \tau} \cos \left(\frac{\tau}{n} + \theta_0 \right) d\tau.$$

Интегрирането извършваме, като отчетем, че само симетричните функции не анулират интеграла. Окончателно изразът за D приема вида

$$(7) \quad D(\tau, \tau_0) = 8\beta_1 - \frac{4\alpha_1 \pi}{n} \cos \theta_0 \left(\frac{1}{sh \frac{\pi}{2n}} + \frac{2}{ch \frac{\pi}{2n}} \right).$$

При условие $D = 0$ и като вземем под внимание факта, че $|\cos \theta_0| < 1$ и $\beta_1 > 0$, главното условие за преход от регулярно към хаотично поведение на динамичната система взима формата

$$(8) \quad \frac{\beta_1}{\alpha_1} < \frac{\pi}{2n} \left(\frac{1}{sh \frac{\pi}{2n}} + \frac{2}{ch \frac{\pi}{2n}} \right).$$

Уравнение (8) показва при какво отношение на двата параметъра β_1 и α_1 се осъществява пресичане на входящата и изходящата сепаратриси в безкраен брой хомоклинични точки.

Хаотичен режим при сферична форма на спътника

Нека направим замяната $\varpi u = \tau$ в уравнение (2). Означаваме с $\beta_2 = \frac{\beta}{\varpi^2}$ и въвеждаме две нови променливи η и θ , като свеждаме уравнение (2) до системата

$$(9) \quad \begin{aligned} \frac{dx}{d\tau} &= \eta, \\ \frac{d\eta}{d\tau} &= -\sin \delta - \beta_2(\eta + 1) + \frac{1}{3} \sin(x + 2\theta), \\ \frac{d\theta}{d\tau} &= \frac{1}{\varpi}. \end{aligned}$$

Използваме описаната по-горе процедура и достигаем до следната форма на интеграла на Мелников

$$(10) \quad D(\tau, \tau_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{4\beta_2}{ch^2 \tau} d\tau + \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{2\beta_2}{ch \tau} d\tau - \frac{2}{3} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin \left(2 \arcsin th \tau + \frac{2\tau}{\varpi} + \theta_0 \right)}{ch \tau} d\tau.$$

Като извършим интегрирането се достига до резултата

$$(11) \quad D(\tau, \tau_0) = (8 + 2\pi)\beta_2 + \frac{8\pi}{3\varpi^2} \left(\frac{1}{sh \frac{\pi}{\varpi}} - \frac{1}{ch \frac{\pi}{\varpi}} \right) \sin \theta_0.$$

Когато знакът на $D(\tau, \tau_0)$ се мени, сепаратрисите се пресичат и движението в дадената област се явява хаотично. От (11) следва, че това произтича при

$$(12) \quad \beta_2 < \frac{8\pi}{3\varpi^2(8+2\pi)} \left(\frac{1}{sh \frac{\pi}{\varpi}} - \frac{1}{ch \frac{\pi}{\varpi}} \right).$$

Хамилтонияна на динамичната система, описваща движението на сферичен спътник под действието на магнитен момент (в отсъствие на приливен момент), се дава с израза:

$$(13) \quad H = \frac{\left(\frac{dx}{du}\right)^2}{2} - \varpi^2 \cos x + \frac{\varpi^2}{3} \cos(x+2u).$$

За подобни динамични системи е известно [4], че се характеризират с появата на хаотични зони в областта около сепаратрисите. Целта ни е да оценим ширината на получения стохастичен слой.

Взимаме съответните изрази за променливите съответстващи на сепаратрисния случай

$$(14) \quad \bar{x} = 4 \arctg e^{\pm \varpi(t-t_n)},$$

$$\dot{\bar{x}} = \pm \frac{2\varpi}{ch \varpi(t-t_0)}.$$

Нека $(E, \varphi) \rightarrow (\bar{E}, \bar{\varphi})$ е изображение, свързващо параметрите преди действието на импулса на скоростта отчетено за време равно на половин период. Тогава това изображение в явен вид се записва така

$$(15) \quad \bar{E} = E + \Delta E,$$

$$\bar{\varphi} = \varphi - \frac{2\pi}{\omega(\bar{E})}.$$

За да се оцени локалната неустойчивост, се въвежда параметърът k

$$(16) \quad k = \left| \frac{\delta \bar{\varphi}}{\delta \varphi} - 1 \right|.$$

При $k \geq 1$ възниква локална неустойчивост по фазата.

В разглежданият от нас случай, изразът за параметърът k има вида

$$(17) \quad k = \frac{2}{\varpi} \frac{\Delta E}{|E - E_s|} |\sin \varphi|.$$

Изменението на енергията, за определено време, на несмутения хамилтониян, под действието на смущението се намира с интеграла

$$(18) \quad \Delta E = \frac{\varpi^2}{3} \int_{\Delta u} \sin(x+2u) \dot{x} du.$$

Нека центъра на солитона е разположен в точка t_n . Доколкото $\dot{\bar{x}}$ експоненциално намалява с времето, записваме интеграла (17) във вида:

$$(19) \quad |\Delta E| = \frac{\varpi^2}{3} \int_{-\infty}^{\infty} \sin\left(\bar{x} + \frac{2}{\varpi} \tau + \varphi_n\right) \dot{\bar{x}} \frac{d\tau}{\varpi}, \quad \Omega_{01}(t-t_n) = \tau, \quad \varphi_n = \lambda t_n.$$

Интегралът (19) може да се сведе до следната форма:

$$(20) \quad |\Delta E| = \frac{1}{3} \int_{-\infty}^{\infty} \sin\left(\bar{x} + \frac{2}{\varpi} \tau + \varphi_n\right) d\tau.$$

Решението му се намира лесно, защото представлява интеграл на Мелников-Арнолд. Така окончателно за изменението на енергията се получава:

$$(21) \quad |\Delta E| = \frac{8\pi}{3\varpi} \frac{\exp\left(-\frac{\pi}{\varpi}\right)}{\operatorname{sh} \frac{\pi\varpi}{2}} |\sin \varphi_n|.$$

Като се използва (17) даваме оценка за ширината на стохастичната зона в околност на сепаратрисите.

$$(22) \quad |E - E_s| \leq \frac{16\pi}{3\varpi} \frac{\exp\left(-\frac{\pi}{\varpi}\right)}{\operatorname{sh} \frac{\pi\varpi}{2}}.$$

Уравнение (22) показва, че макар и да пренебрегнем приливния момент при движението на даден сферичен спътник, наличието на магнитен момент дава основания да очакваме хаотично движение при определени условия.

Заклучение

Направеният анализ ясно показва, че хаотичното движение е характерно и за динамични системи, разглеждани като сравнително прости - кръгови орбити, наличие на симетрии и т.н.. Налага се изводът, че нерегулярното движение не е екзотика, а често срещано явление, което може да се наблюдава при движението на космически обекти. При определени обстоятелства фактори, чието пренебрегване се счита за несъществено при анализа, могат качествено да променят движението. Познаването на границите в пространството на параметрите, за които можем да твърдим, че дадено движение остава регулярно е от огромно значение за движението на изкуствените спътници. От друга страна, поставянето на подобни аналитични задачи дават обяснение на редица „загадъчни“ наблюдателни данни на естествени небесни тела.

Литература:

1. Б е л е ц к и й В. В. Движение искусственного спутника относительно центра масс . Москва, Наука, 1965
2. Б е л е ц к и й В. В., А. А. Х е н т о в. Вращательное движение намагниченного спутника. Москва, Наука, 1980.
3. L i c h t e n b e r g A. J., M. A. L i e b e r m a n. Regular and stochastic motion. Springer-Verlag New York Inc, 1983.
4. З а с л а в с к и й Г. Стохастичность динамических систем. Москва, Наука

NONLINEAR DYNAMICAL PROCESSES IN EXTRA-SOLAR PLANETARY SYSTEMS

Plamen Trenchev, Kostadin Sheiretsky, Deyan Gotchev

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ptrenchev@space.bas.bg

Key words: countries nonlinear dynamics, extra-solar systems, secular resonances

Abstract: Динамиката на системи от три или повече тела обикновено включва физически процеси, известни като резонанси на средното движение и секулярни пертурбации. Първите се появяват, когато двойка тела имат орбитални периоди, чието съотношение може приблизително да се представи като съотношение на две малки цели числа. Вторите са съществен фактор при изследване на дълговремева еволюция на системата. Динамичната еволюция на над половината от известните планетите в мулти-планетарните извънслънчеви системи се доминира от секулярните резонанси. Най-често големите ексцентрицитети на планетарните орбити поставят под съмнение полезността на традиционната секулярна теория на Лагранж-Лаплас при анализа на движение. Тази теория може да бъде обобщена до четвърти порядък в ексцентрицитета, след което да се сравнява с числените резултати. Част от изводите, до които се стига в резултат на тези сравнения, са - Лагранж-Лапласовата теория на секулярната динамика е слаб индикатор (инструмент) за предсказване на секулярната динамика на извънслънчеви планетарни системи, но е полезен инструмент при прецизното определяне на дълговремева динамична еволюция на системи от малки тела с орбити, близки до кръговите.

Secular Interactions - Basic Theory

Here we outline the basic theory of secular interactions as applied to the planetary systems. Since this topic has been well studied, the review and the results are brief. .

The equations of motion for eccentricity e_j (to the second order in eccentricity and inclination angle) and argument of periastron ϖ_j decouple from those of inclination angle and the ascending node. Following standard convention (Murray & Dermott 1999), we work with the variables defined by:

$$(1) \quad h_i \equiv e_i \sin \varpi_i \quad \text{and} \quad k_i \equiv e_i \cos \varpi_i ,$$

where the subscript i refers to the i -th planet in an N planet system. The basic equations of motion for the theory can then be written in the form

$$(2) \quad \frac{dh_i}{dt} = \frac{1}{n_i a_i^2} \frac{\partial R_i}{\partial k_i} \quad \text{and} \quad \frac{dk_i}{dt} = -\frac{1}{n_i a_i^2} \frac{\partial R_i}{\partial h_i} ,$$

where R_i is the secular part of the disturbing function, n_i is the mean motion of the i -th planet and a_i is its corresponding semi-major axis. To consistent order in this approximation, the relevant terms in the disturbing function take the form

$$(3) \quad R_i = n_i a_i^2 \left[\frac{1}{2} A_{ii} e_i^2 + \sum_{k \neq i} A_{ik} e_i e_k \cos(\varpi_i - \varpi_k) \right]$$

The physics of these interactions is thus encapsulated in the $N \times N$ matrix A_{ij} , where the number N of planets in the system is usually $N = 2$ or 3 for the systems observed, to date. The matrix elements can be written in the form

$$(4) \quad A_{ii} = n_i \left[\frac{1}{4} \sum_{k \neq i} \frac{m_k}{M_* + m_i} \alpha_{ik} \bar{\alpha}_{ik} b_{3/2}^{(1)}(\alpha_{ik}) + 3 \frac{GM_*}{c^2 a_i} \right]$$

and

$$(5) \quad A_{ik} = -n_i \frac{1}{4} \frac{m_k}{M_* + m_i} \alpha_{ik} \bar{\alpha}_{ik} b_{3/2}^{(2)}(\alpha_{ik}).$$

In the diagonal matrix elements (eq. [4]) it is included the leading order correction for general relativity (c is the speed of light). Although these terms are small, $\mu \equiv \frac{GM_*}{c^2 a_i} \ll 1$, such small corrections to the eigenfrequencies can be important, especially when the system is near resonance. The quantities α_{ik} are defined such that $\alpha_{ik} = a_i / a_k (a_k / a_i)$ if $a_i < a_k (a_k < a_i)$. The complementary quantities $\bar{\alpha}_{ik}$ are defined so that $\bar{\alpha}_{ik} = a_i / a_k = \alpha_{ik}$ if $a_i < a_k$, but $\bar{\alpha}_{ik} = 1$ for $a_k < a_i$. Finally, the quantities $b_{3/2}^{(1)}(\alpha_{ik})$ and $b_{3/2}^{(2)}(\alpha_{ik})$ are Laplace coefficients.

With the above definitions, the resulting solution takes the form

$$(6) \quad h_j = \sum_i \Lambda_{ji} \sin(\lambda_i t + \beta_i), \quad k_j = \sum_i \Lambda_{ji} \cos(\lambda_i t + \beta_i),$$

where the λ_i are eigenvalues of the matrix A_{ij} and the Λ_{ji} are the corresponding eigenvectors. The phases β_i and the normalization of the eigenvectors are determined by the initial conditions, i.e., the values of eccentricity e_j and argument of periastron ϖ_j for each planet at $t = 0$.

Applications to Extrasolar Planetary Systems. Eccentricity Distributions and Secular Time Scales

We use the theory of secular interactions to show the relationship between the observed values of eccentricity and the underlying distribution of eccentricities that characterize the systems. We use interactions, and their absence, to place new constraints on observed multiple planet systems. We can find constraints on the possible existence of additional small (terrestrial) planets in these systems by requiring that any such planets must reside far from a secular resonance. As an application of secular interaction theory, we use the formalism described above to calculate the variations in eccentricity in a sub-sample of observed extrasolar planetary systems. The eigenvalues λ_i for the multiple planet systems calculate and convert into time scales for a collection of 16 observed multiple planet systems. Most of these multiple planet systems have secular interaction time scales in the range $10^3 - 10^5$ yr. These time scales are much longer than any possible observational baseline (tens of years), but much shorter than the system lifetimes (which are typically several Gyr). The shortest secular time scale occurs for the GJ 876 system. Although the dynamics of this system are dominated by the 2:1 resonance between planets “c” and “b”, the secular interaction time $\tau = 4.4$ yr gives an excellent estimate of the time scale for dynamical interaction in the system. Indeed, radial velocity fits to the system must take into account the planet-planet interactions in order to obtain an acceptable fit.

These secular interaction times are thus long enough that observations can determine the eccentricity (and longitude of periastron) with high accuracy at the present epoch. Over much longer time scales that are not observationally accessible, however, the eccentricity (and longitude of periastron) will vary according to the appropriate secular cycles. As a result, attempts to explain the observed (a, e) plane must take the possibility of secular variations into account. The effect of secular interactions on the observational interpretation of these systems is that the measured eccentricity values are a particular sampling of an underlying distribution. Within the context of leading order secular theory, the distribution of eccentricity is determined by the above formalism. For each of the observed multiple planet systems considered here calculates the expected time variations of eccentricity and longitude of periastron according to secular theory. From this time series were extracted the mean eccentricity $\langle e \rangle$, the variance σ_e of the distribution, the minimum eccentricity value $e_{\min}$ and the maximum value $e_{\max}$. The difference between the observed values and the mean eccentricities averaged over many secular cycles can be substantial (more than a factor of two). The width of the distribution can also be significant.

For the case of two planet systems, the formalism produces simple analytic expressions for the parameters of the eccentricity distribution. The distribution itself can be derived by taking the solution of equation (6) and solving for the eccentricity as a function of time. Since time is distributed uniformly, the resulting expression can be solved for the corresponding distribution of eccentricity, which can then be written in the form

$$(7) \quad \frac{dP}{de} = \sqrt{1 - \left(\frac{e^2 - \Lambda_{j1}^2 - \Lambda_{j2}^2}{2\Lambda_{j1}\Lambda_{j2}} \right)^2} \frac{e}{\pi\Lambda_{j1}\Lambda_{j2}},$$

where Λ_{ji} are the eigenvectors. This form of the eccentricity distribution (for the i -th planet) is valid between the extremes given by

$$(8) \quad e_{\max}, e_{\min} = |\Lambda_{j1} \pm \Lambda_{j2}|.$$

The mean value of the distribution can be evaluated from its definition $\langle e \rangle = \int e(dP/de)de$ and takes the form

$$(9) \quad \langle e \rangle_j = \frac{2}{\pi} (\Lambda_{j1} + \Lambda_{j2}) E(\hat{m}),$$

Where $E(\hat{m})$ is the elliptical integral of the second kind (Abramowitz & Stegun, 1970) with parameter

$$\hat{m} = 4 \frac{\Lambda_{j1}\Lambda_{j2}}{(\Lambda_{j1} + \Lambda_{j2})^2}. \text{ Notice that the parameter } \hat{m} \text{ can be negative and hence care must be taken in}$$

evaluating $E(\hat{m})$. The corresponding variance of the distribution is given by

$$(10) \quad \sigma_{ej}^2 = \Lambda_{j1}^2 + \Lambda_{j2}^2 - \frac{4}{\pi^2} (\Lambda_{j1} + \Lambda_{j2})^2 [E(\hat{m})]^2$$

For two-planet systems, it has verified that these expressions for the mean, extrema, and variance of the distribution are in good agreement with those found via sampling of the secular solutions as described above.

Conclusion

Through dynamical interactions, described here using secular theory, the orbital eccentricities in multiple planet systems vary over secular time scales. The eccentricities measured by ongoing planet searches represent the current eccentricity value, which is drawn from a wider distribution of values sampled by the planet. In other words, the eccentricities in multiple planet systems should not be considered as particular values, but rather as distributions of values. The widths of these eccentricity distributions can be substantial and it has verified that secular theory predicts distribution widths that are in good agreement with direct numerical integration. For the simplest case of two planet systems, the resulting distribution of eccentricity can be found analytically (eqs. [7 – 10]). The time scale for secular eccentricity variations is typically thousands of, much longer than observational survey time scales (tens of years) and much shorter than the system lifetimes (few Gyr). Secular interactions can add to our understanding of these forthcoming multiple planet systems in a variety of ways. In trying to find theoretical explanations for the observed orbital elements, one must take into account the distributions of eccentricities driven by secular interactions. In systems with known giant planets, the search for Earths can be guided by studying the forced eccentricity variations. In other systems, we can deduce the presence or absence of additional (undetected) planets — or at least constrain their properties — through examination of the properties of the detected planets. Over longer time spans, secular interactions combine with tidal circularization and energy dissipation processes.

References:

1. Thommes E.W., M.J. Duncan & H.F. Levison . 2002, AJ, 123, 2862.
2. Thommes E.W., M.J. Duncan and H.F. Levison . 1999, Nature, 402, 635.
3. Weidenschilling S.J. and Marzari F. 1996, Nature, 384, 619.
4. Wisdom J. and Holman M. 1991, AJ, 102, 1528.
5. Levison H.F., J.J. Lissauer, M.J. Duncan . 1998, AJ, 116, 1998.
6. Murray N., B. Hansen, M. Holman, S. Tremaine . 1998, Science 279, 69.
7. Morbidelli A., H.F. Levison, K. Tsiganis, R. Gomes . 2005, Nature, 435, 462.
8. Morbidelli A. 2002, Modern Celestial Mechanics: Aspects of Solar System Dynamics (London and New York).
9. Tsiganis K., R. Gomes, A. Morbidelli and H.F. Levison . 2005, Nature, 435, 459.
10. Michtchenko T.A., R. Malhotra . 2004, Icarus, 168, 237.
11. Mikkola S. 1997, CeMDA, 67, 145.
12. Duncan M.J., T. Quinn. 1993, ARAA, 31, 265.

EFFECT OF THE ROSSBY NUMBER VARIATIONS ON DYNAMICAL FORMATIONS IN ACCRETION DISC FLOW

Daniela Boneva, Lachezar Filipov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
 e-mail: danvasan@space.bas.bg, lfiplov@space.bas.bg

Key words: Accretion discs, Hydrodynamics, Binary stars

Abstract: Using the known formulation and properties of Rossby number, we estimate its range of possible values and we study the relation to the turbulent scales of the accretion disc flow. In this paper, it is shown how the variable values of Rossby number are associated with two- or three dimensional flow motions. We consider the behavior of basic equations of accretion disc with the presence of Rossby number. Finally, as a connection with presented considerations, it is accented on the arising of vortex formations and their dynamics. We show the indirectly influences on the light curve form of one selected binary star. We perform calculations of Rossby number based on binary star systems models with accretion disc.

I. Introduction

Fluid motion and hydrodynamic processes are one of the most important investigations in accretion disc dynamic. We consider that the flow in accretion disc is differentially rotating and in this survey we imply an additional term having influence on the instability processes. Such term is known as Rossby number named for Carl-Gustav Rossby, who first explained the large-scale motion in the atmosphere, using the terms of fluid mechanics.

In our study we use the next definition of Rossby number:

The dimensionless ratio of inertia force to Coriolis force which gives an indication of the importance of rotation on flow. It is given by:

$$R_0 = \frac{|\mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v}|}{2|\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v}|} = \frac{v}{2\Omega L \sin \theta}$$

where $\mathbf{v}$ is the speed of fluid flow, $\boldsymbol{\Omega}$ is the angular velocity or rotation, θ is the angle between the axis of rotation and the direction of fluid motion and L is the horizontal length-scale. The definition is taken from Blandford (2004).

This number plays a fundamental role to determine the behavior of large-scale astrophysical fluid dynamics. Large-scale flows are defined as those that are significantly influenced by the star's rotation and with sufficiently large L for R_0 to be order one or less (e.g., flow with sufficiently small Rossby number are in geostrophic balance).

Richard (2003) recently proposed a simple model describing the necessary conditions for self-sustained turbulence in differentially rotating flows, where it can be seen that the energy extraction is directly proportional to the shear present in the base flow (a classical result for shear flows). He also implies that there is a critical Rossby number, above which the energy extraction is sufficient to compensate for the stiffness introduced in the system by the mean rotation:

$$R_0 = \frac{r \frac{\partial}{\partial r} \Omega_0}{2\Omega_0},$$

where r is the local radius and Ω_0 is the mean rotation.

But, it has to be pointed (as Chagelishvili et al. (2003) also suggested) that the non-linear interactions (also referred to as turbulent diffusion) do not participate in the energy extraction, but only redistribute it and counteract the effects of rotation.

In this scenario, once the critical Rossby number has been reach (Richard 2003) and the critical amplitude is present, the flow can then undergo a transition from its laminar state to a state where non-linear shear turbulence is developed.

In the paper of (Morize et al. 2005) it is investigated the decay of initially three-dimensional homogeneous turbulence in a rotating frame. They found that during the decay, strong cyclonic coherent vortices emerge, while the Rossby number value decreases below the value of 2 ± 0.5 .

Several simulations were conducted to examine the nature of balance in rotating stratified turbulence at different Rossby numbers (McKiver and Dritschel, 2006). They found a significant difference in the behavior of potential vorticity at low and higher Rossby number. The balance of vorticity decreases with increasing Rossby number and the structures which appear in the non-balanced field are mostly in small scale.

In the current survey we use the simplified formulation and expressions to examine the features of Rossby number and estimate its values in the case of astrophysical accretion flow. We bring to stay here in three cases of our considerations: A, B, C, presented in a next section.

II. Calculations and results

It is known that the rotation is able to confine larger scales in a two-dimensional state while efficient turbulent diffusion is achieved by three-dimensional motions. Typical geophysical rotating flows exhibit both two-dimensional (at large scales) and three-dimensional (at smaller scales) structures.

Results A

The Rossby number for the mean flow can be rewritten now as:

$$(1) \quad R_0 = \frac{1}{2} \frac{r}{(\partial_r \ln \Omega)^{-1}}$$

where it appears as the ratio of local radius r over the characteristic length scale of the shear, Ω is the angular velocity again.

We may give the relation with a quantity more often referred to in astrophysics, the epicyclic frequency ω :

$$(2) \quad \frac{\omega^2}{4\Omega^2} = (1 + R_0)$$

Using this formulation we estimated the range of critical values of Rossby number with the connection of quantities of frequency and angular velocity. We present the results graphically: Fig 1a and 1b. We see from the figures that the values of Rossby number are low and it works at limited frequency range.

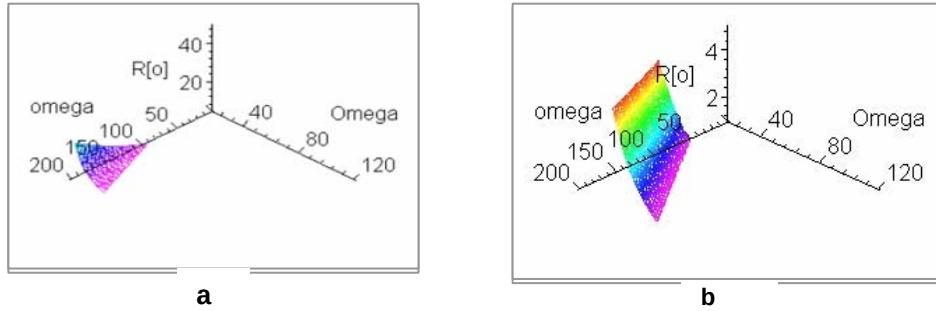


Fig. 1. Graphic interpretation of simple dependence between ω , Ω and R_0 . In the left panel /fig.1a/ we used small scale value for R_0 calculations. In the right panel /fig.1b/, it is applied higher scale value. It is seen that the results are in a same range of values

The Rossby number of a turbulent structure of characteristic length scale λ and rotating with mean flow velocity u can be approximated by $R_{O\lambda} \propto ru/2\lambda^2\Omega$ (known as “turbulent Rossby number”). The denominator of such expressed Rossby number is twice the rotation experienced by the turbulent structure, i.e. $2(\Omega \pm u/r) \cong 2\Omega$. The numerator is the derivative with respect to the radius of the turnover time, i.e. $r\partial_r\Omega + r\partial_r\Omega(u/\lambda) \cong r\partial_r\Omega + ru/\lambda^2 \cong ru/\lambda^2$ where we have used the relation:

$$(3) \quad \frac{u}{\lambda} \propto r\partial_r\Omega$$

We can then write, from Eq.(3) and from the condition $\lambda \ll r$ that $R_{0\lambda} \propto \frac{r}{\lambda} R_0$.

Hence, the ratio of the characteristic turbulent length scale over the local radius writes as:

$$(4) \quad \frac{\lambda}{r} \propto \frac{R_0}{R_{0\lambda}}$$

From the last relation, eq. (4), it follows that (for a given Rossby number) the turbulent Rossby number increases when going to smaller scales along the turbulent cascade. Baroud et al. (2003) have shown that low Rossby numbers are associated with two-dimensional turbulence whereas higher Rossby numbers are associated with three-dimensional turbulent structures. This result is consistent with the classic picture of a turbulent spectrum showing two-dimensional structures at large scales and three-dimensional ones at smaller scales.

Results B

To obtain the information for the effect of Rossby number we imply its expression in the main equations related to accretion disc dynamic. We present the results as follows:

We interpolate the dimensionless Rossby number into the Navier-Stokes equations in vector form:

$$(5) \quad \frac{|v \cdot \nabla v|}{2|\Omega \times v|} \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v \right) = -\frac{1}{\rho} \nabla P - \Omega \times (\Omega \times r) - 2\Omega \times v + \nu \nabla^2 v$$

Where, it is used the well known basic denotations as follows: ρ - is the mass density of the flow; v - is the velocity of the flow; P - is the pressure; ν - is the kinematic viscosity; Ω - is the angular velocity; $\Omega \times (\Omega \times r)$ - is the centrifugal force of the rotating accretion flow; $2\Omega \times v$ - expresses the Coriolis force;

After implying an implicit differentiation, it is yielded the velocity distribution and its graphic form is in the figure 1:

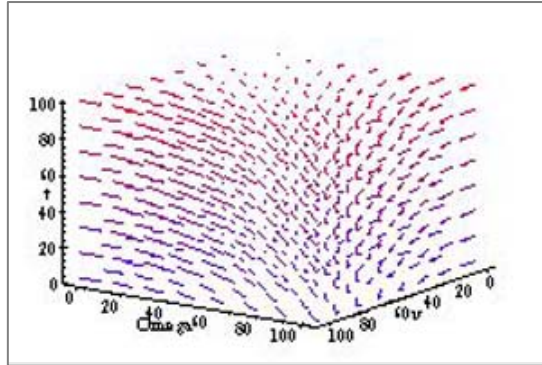


Fig. 2. The distribution shows that at the high values of parameters the dynamical processes are more intensive in the presence of non-integrated angular velocity

Even at low values, it is obviously that the Rossby number gives rise to velocity variations. This fact shows us that we should not neglect its presence, when we study the behaviour and dynamics of accretion disc flow.

Results C

The third result of our study, which we present here, shows the indirect effect of Rossby number on the shape of light curves.

The variations of Rossby number could be contribute in the process of some vortex formations in the accretion disc area. Its increment acts as an accelerator of the transition from laminar to turbulent motion of the flow. As we consider binary star system with accretion disc, we show the light curve of AB And produced at such unstable states. The shape of light curve gives us information about the strong disturbances with the suddenly appearing bursts.

The presence of an accretion disc affects on the light curve in two ways: as a source of light and as a shield of the surface of the part of the companion from the X-ray heating.

It is detected that it depends on the Rossby number the lightcurve produces the variation in its shape. It acts usually at small value and there is a gradual, broad modulation. Whereas, it begins to see the effects of two-spiral arm emitting region and the narrow peaks of the brightness. Such lightcurve modulations may associate with Rossby type of instability

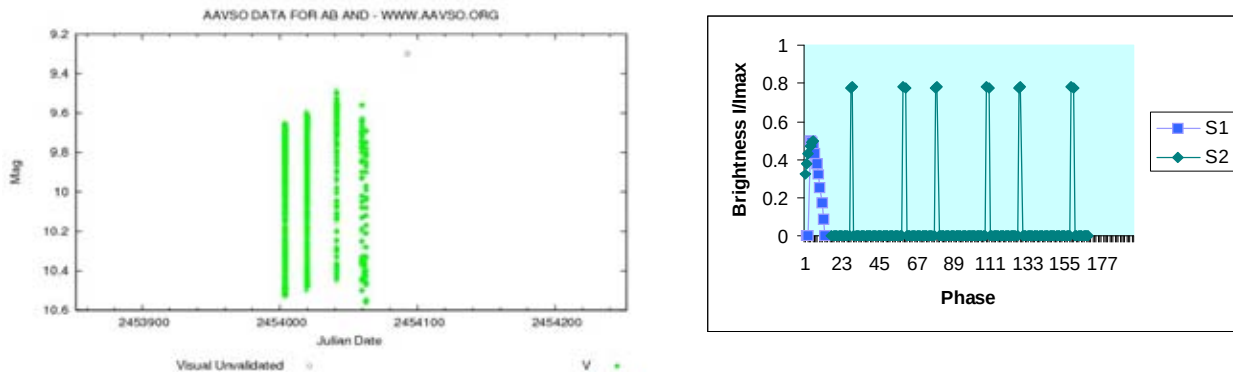


Fig. 3. Light curve of AB AND binary star. The two figures present the creating of graphic by two different programs and methods.
1. Using AAVSO data /left panel/. **2.** Preparing by program of Kreiner [2004] /right panel/

It is seen in the figures the brightness peaks, result of hard outbursts. The above selected types of binaries are important for us, because of their high inclination (i). As it is mention above, this feature is an indicator for arising of unstable processes, such as wave propagation, structure formation and Rossby type of instability.

III. Conclusion

From an astrophysical point of view, it is important to investigate the turbulence and vorticity formations as a main transport mechanism of angular momentum in accretion discs. Based on the properties of differentially rotating flow in the accretion disc area, we emphasized in our analyses on the presence of special relation between inertial and Coriolis force, known as a Rossby number. We considered the accretion disc as a hydrodynamical system and we used the base equation of Navier-Stokes, including Rossby number. The results show the effect of this number on several situations: the effect over the velocity distribution; the range of Rossby number values which are effective for our astrophysical study; influence over the variations of light curve of selected binary star. Remembering that high (resp. low) Rossby number are associated with three-(resp. two-) dimensional motions, this result is coherent with the classic picture of a turbulent spectrum showing two- dimensional structures at large scales and three-dimensional ones at smaller scales. We presented in this survey our common results of the studying problem, without specify the values of the Rossby number for different phenomena or for a star.

References:

1. Baroud C. N., B. B. Plapp, Sweeney H. L., Z. She. 2003, Physics of Fluids, **15**, 2091.
2. Blandford R., Thorne K., 2004, Applications of Classical Physics, Lectures and Courses, Ch.15, California Institute of Technology, <http://www.pma.caltech.edu/Courses/ph136/yr2004/>.
3. Chagelishvili G.D., J. P. Zahn, A.G. Tevzadze, J.G. Lominadze, 2003, A&A. **402**, 401-407
4. Kreiner J.M., 2004, Acta Astronomica, v. **54**, 207-210.
5. McKiver W.J., Dritschel D.G., 2006, Submitted to J. Fluid Mech.
6. Morize C., Moisy F., Rabaud M., 2005, Phys. Fluids, **17**, 095105.
7. Richard D., 2003, A&A, **408**, 409.
8. Richard D., 2004, Davis S.S., A&A, v **416**, 825-827.

MODIFICATION EQUATIONS OF DISK FOR MAGNETIC CORONA

Krasimira Iankova, Lachezar Filipov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
 e-mail: f7@space.bas.bg, lfipov@space.bas.bg

Keywords: Accretion disk, advection, MHD

Abstract. In this paper we investigate transform of the magneto-hydrodynamic equations of the hot advection accretion disk for physical conditions of the corona. We suggest correction in the magnetic viscosity in equations of thin optical thick disk as a result from form of coefficient α_m . Discuss the reasons and consequence from change. We consider how that can influence the process to solve of equations.

Introduction

Objects, which we investigate showing greatly energy efficiency:

- ❑ Fast variability and jet existing;
- ❑ Strong X-ray emission;
- ❑ No blackbody specter;
- ❑ Light polarization;
- ❑ Annihilation Spectral lines; [1].

Such as the close binary systems, eclipsing binaries, active galaxies and quasars. When the system contain disk, falling on spiral material release part from angular momentum together with potential energy for fixed orbit and radiate in X-ray.

Polarization of radiation and annihilation spectral lines shows presence of magnetic field (MF) in object. When we have accretion to the star with dipole MF there is development of three type fluxes: disk, corona and jets [3].

The disk often is approximate to Keplerian. The flow of matter is localizing in equatorial plane. The Plasma is optical thick and dominates the gas pressure or optical thin plasma and radial pressure close to compact object [5]. The equilibrium is secure of rotation.

Interaction of disk and MF engender instabilities and generating corona [4]. The flow in the corona backs from the centre and dominates magnetic pressure. The corona and disk are connected with magnetic loops. The jets are direct along axis of dipole. They have a precession if the field axis and axis of rotation is not parallel and have outflow.

MF can be ownership of central star or outward of galaxy. If own MF is situated vertical on plane of disk, then angular momentum will be increase inside to the centre. That effect can be compensating for hot advective disks on massive black holes, where powerful jets lead away excess momentum [4].

Periodical replacement of hard and soft X-ray from such sources is indicated that around disk there is hot corona. Disk gives soft and the corona hard spectre [5,6]:

- ❑ Cold supersonic disk in the close binary systems giving blackbody spectre with $T \sim 10^4 \text{K}$ and no thermal corona with $T \sim 5 \cdot 10^6 \text{K}$;
- ❑ Hot no thermal disk in AGN with $T \sim 10^{7-9} \text{K}$ and corona with $T \sim 5 \cdot 10^{11-12} \text{K}$.

In this paper we transform the equations of the hot advection accretion disk for physical conditions of the corona. [2] Choose model with $\beta = 0$. There the resist of radial current create rotation. He is right to hot disks with low density and radioactive pressure. We can to use that for the corona.

Equations of the corona

We construct non-stationary, non-axisymmetric, one-temperature MHD model of Keplerian accretion disk with advection in the normal dipole magnetic field of the central object. We select the compact object to be a black hole. We consider geometrically thin, optical thick disk without **self**-gravitation. Fluid is incompressible. Disk is one-temperature, because the PRESENCE magnetic field assistance to effective transference of the energy from ions to the cooler component. We use pseudo-Newtonian gravitation potential.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) &= 0 & \nabla \cdot \mathbf{v} &= 0 & \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\
\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} &= -\frac{1}{\rho} \nabla p - \nabla \Phi + \left(\frac{\mathbf{B}}{4\pi\rho} \cdot \nabla \right) \mathbf{B} + \mathcal{G} \nabla^2 \mathbf{v} \\
\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) + \eta \nabla^2 \mathbf{B} & \eta &= \frac{\eta_m}{\rho} = \frac{c^2}{4\pi\sigma} & \Phi &= \frac{GM}{r - r_g} \\
\rho T \frac{\partial S}{\partial t} - \frac{\dot{M}}{2\pi r} T \frac{\partial S}{\partial r} &= Q^+ - Q^- + Q_{mag} & r_g &= \frac{2GM}{c^2} \\
p &= p_r + p_g + p_m
\end{aligned}$$

For a normal dipole field term $\mathbf{B}_r \mathbf{B}_\phi$ in equation of motion have role of radial advection. OHM dissipation increase the effectiveness of radial accretion to 50%. The dynamical time scale is $\sim \Omega^{-1}$ shorter from thermal time scale

$\sim (\alpha + \alpha_m)^{-1} \Omega^{-1}$ and cooling is inefficient.

In disk rotation stability can to stop remove of MRI then they begin to growth. If disk have advection she moved instabilities inside and on this way hold magnetic viscous coefficient α_m closely to constant.

We choose α – constant lake as in standard theory, because α is hydrodynamic parameter. Then the basic system splits. Entropy is not a perimeter of the flow. She is a characteristic of the state. Its behavior is connected with global stability of disk.

This problem is treat in our previous publications where is present our results. Well be marked that in this case we consider disk and corona without mutual energetic. The aim of this paper is to adapt equations to conditions in the corona.

1. $\mathbf{v} = 0 = \alpha$
2. $\sigma(r) \Rightarrow \eta(r) \Rightarrow \alpha_m(r)$
 $\sigma(r, z) \Rightarrow \eta(r, z) \Rightarrow \alpha_m(r, z)$
3. $Q^v = 0$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) &= 0 & \nabla \cdot \mathbf{v} &= 0 & \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\
\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} &= -\frac{1}{\rho} \nabla p - \nabla \Phi + \left(\frac{\mathbf{B}}{4\pi\rho} \cdot \nabla \right) \mathbf{B} \\
\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) - \nabla \times (\eta \nabla \times \mathbf{B}) & \eta &= \frac{\eta_m}{\rho} = \frac{c^2}{4\pi\sigma} & \Phi &= \frac{GM}{r - r_g} \\
\rho T \frac{dS}{dt} &= Q_{mag}^+ - Q^- & r_g &= \frac{2GM}{c^2} \\
p &= p_r + p_g + p_m
\end{aligned}$$

Because of peculiar fell of density and quasi-spherical character of the flow the kinetic viscosity from the shift and corresponding dissipation vanish in corona.

Weakly rotation can not to stabilize instabilities and shackles over magnetic viscose coefficient fall away. Now resistance is no more parameter of system and she have not to split even in case $\eta = \alpha_m v_s H$.

Then we have

$$\begin{aligned}
\nabla \times (\eta \nabla \times \mathbf{B}) &= \nabla [\eta \times (\nabla \times \mathbf{B})] = (\nabla \cdot \eta) \times (\nabla \times \mathbf{B}) + \eta \times (\nabla \cdot \nabla \times \mathbf{B}) = \\
&= (\nabla \cdot \eta) \times (\nabla \times \mathbf{B}) \pm \eta \nabla^2 \mathbf{B}
\end{aligned}$$

Let to see unrolled system by coordinates.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho v_r) + \Omega \frac{\partial \rho}{\partial \varphi} + \frac{\partial}{\partial z} (\rho v_z) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial r} (r B_r) + \frac{\partial B_\varphi}{\partial \varphi} + r \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \Omega \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{4\pi \rho r} (B_\varphi \frac{\partial B_r}{\partial \varphi} + r B_z \frac{\partial B_r}{\partial z})$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\Omega r^2) + v_r \frac{\partial}{\partial r} (\Omega r^2) + v_z \frac{\partial}{\partial z} (\Omega r^2) = \frac{1}{4\pi \rho r} [B_r \frac{\partial}{\partial r} (r^2 B_\varphi) + r^2 B_z \frac{\partial B_\varphi}{\partial z}]$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \Omega \frac{\partial v_z}{\partial \varphi} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\partial \Phi}{\partial z} + \frac{B_r}{4\pi \rho} \frac{\partial B_z}{\partial r}$$

$$\frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial B_r}{\partial t} = & \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} (v_r B_\varphi) - \frac{\partial}{\partial \varphi} (\Omega B_r) + \frac{\partial}{\partial z} (v_r B_z) - \frac{\partial}{\partial z} (v_z B_r) - \frac{1}{r} \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} \left[\frac{B_\varphi}{r} + \frac{\partial B_\varphi}{\partial r} \right] + \\ & + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} \frac{\partial B_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial \eta}{\partial z} \frac{\partial B_r}{\partial z} - \frac{\partial \eta}{\partial z} \frac{\partial B_z}{\partial r} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial B_\varphi}{\partial t} = & \frac{\partial}{\partial r} (\Omega B_r) - \frac{\partial}{\partial r} (v_r B_\varphi) + \frac{\partial}{\partial z} (\Omega B_z) - \frac{\partial}{\partial z} (v_z B_\varphi) + \frac{\partial \eta}{\partial z} \frac{\partial B_\varphi}{\partial z} + \\ & + \left(\frac{\eta}{r} + \frac{\partial \eta}{\partial r} \right) \left[\frac{B_\varphi}{r} + \frac{\partial B_\varphi}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial B_r}{\partial \varphi} \right] \end{aligned}$$

$$\frac{\partial}{\partial r} (r v_r B_z) - \frac{\partial}{\partial r} (r v_z B_r) - \frac{\partial}{\partial \varphi} (v_z B_\varphi) - \left(\eta + r \frac{\partial \eta}{\partial r} \right) \left[\frac{\partial B_r}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial r} \right] - \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} \frac{\partial B_\varphi}{\partial z} = 0$$

$$\rho T \frac{dS}{dt} = Q_{mag}^+ - Q^- \quad p = p_r + p_g + p_m$$

Change-over z-component of magnetic field $B_d = \frac{\mu}{r^3} \frac{\left(4 + \frac{z^2}{r^2}\right)^{0.5}}{\left(1 + \frac{z^2}{r^2}\right)^2}$ will be introduce expletive terms in

equations. Opacity will not comfortably form of constant, too.

The big difficulty is not new terms but is in very much variables. We need from other expletive relations to closed system. Then we can treat corona with rectification model of disk. This is necessity for easily transition to case disk and corona with total energetic.

Expecting results

Magnetic reconnection [7] is one of basic mechanism connected with structuring of cosmic plasma. We here focus on physical problem on dynamical self-organization of accretion disc and generation of his corona. For us is especially importance the model to be comfortable for parallel with other theoretical or observation results.

We expect the select model to work in corona. Then we can sew in the solution by initial condition from surface of disc.

Question arise: how much boundary between disc and corona is asperity ?

References:

1. D. Andreeva, M. Dimitrova, Kr. Yankova. 2005, " **Using data of VO to detect X-ray Astrophysical Sources and their applying to the theoretical investigations**", iASTRO MC MEETING & WORKSHOP "Virtual Observatory: Plate Content Digitization, Archive Mining and Image Sequence Processing" 27-30 April 2005, Sofia, Bulgaria, in press.
2. Kaburaki Os. 1999, arXiv: astro-ph/9910252.
3. Kudoh T., R. Matsumoto, K. Shibata. 2002, PASJ54, 121-130,.
4. Kuncic Zd., G.V. Bicknell. 2004, arXiv: astro-ph/0402421v1,.
5. Romanova M.M., G.V. Ustyugova, A.V. Koldova, J.V. Wick. Lovelace R.V.E., 2004, "THREE-DIMENSIONAL SIMULATIONS OF DISK ACCRETION TO INCLINED DIPOLE:I", preprint,.
6. Romanova M.M., G.V. Ustyugova, A.V. Koldova, J.V. Wick. Lovelace R.V.E., , 2004, "THREE-DIMENSIONAL SIMULATIONS OF DISK ACCRETION TO INCLINED DIPOLE:II", preprint.
7. Papaloizou J.C.B., C. Terquem. 1997, MNRAS, 287,771-789.

COSMOLOGY OF TIMES AND MULTITEMPORAL THEORY OF RELATIVITY

Zdravko Andonov

Space Research Institute –Bulgarian Academy of Sciences
e-mails: zda@abv.bg; zda1952@bas.bg; zda@mail.bg

Keywords: Mathematical & Computative Multitemporal Cosmology; Multitemporal Theory of Relativity (MTR); FLT, NCP (N-Colors Problem), ζ RH Solutions ($\zeta(s)$ Riemann's Hypothesis); GUT, Cosmology of Times.

Abstract: Sir W. R. Hamilton pleaded first, that the Sciences of the Future, will be Sciences of Time's Phenomenology!... So, Cosmology of Times and Multitemporal Theory of Relativity are real innovations and evolution of Hamilton' prediction for Sciences of Times.

This work shows for first time in the World, (102 years after Einstein's Special Theory of Relativity (STR)), possibility for Universal Multitemporal Theory, adaptive for Micro-Cosmos, Cosmos and Macro-Cosmos.

There are represented discovery of the Multidimensional Time and paradigms for innovative solutions of three classic World Problems: FLT (Fermat's Last Theorem); NCP (N-Colors Problem) and RH ($\zeta(s)$ Zeta Riemann's Function Hypothesis) as a top secret to Einstein's "Gesamtfeld".

Anthropogenesis (from 1D time to N-D-multitemporality) and cosmological challenges of the multidimensional time, (associated with genius' imagination of Fermat, Huygens, Hamilton, Newton, Euler, Galois, Gauss, Riemann, Einstein, Bergson, Bohm, Prigogine, Hawking, Atkin, Kalitzin, etc.), are being analyzed for new cognitions generating.

It's showed that in each exploration of World Space-Time Sciences (as well extra in the phenomenology of: Cosmology of Times; Multitemporal Theory of Relativity (MTR); Man-Evolution-Cosmos) - important place since 1905 year fills (with Poincare, Einstein and Lorentz) one great bulgarian scientist – Stiliyan Kalitzin - (Creator of Infinitesimal Theory of Relativity (ITR)) and since 1967 - his son - Professor Nikola St. Kalitzin, that develops brain new MTR, photons rockets with hyper-light-speed, whose labors are used by Wernher von Braun (NASA), Space USSR Programs, etc.

On the base myself discovered principles and laws of Multidimensional Time & Cosmos, Multitemporal Universe, (using the scientific labor of Prof. Nikola St. Kalitzin – "Multitemporal Theory of Relativity"), we are consolidating: Special & General Theory of Relativity; Quantum Mechanics, Physics & Cosmology; SuperString Theory; GUT & Theory of Everything of one new Universal Multitemporal Cosmology or Cosmology of Times.

The innovative key for enigmas of Grand Unified Theory (GUT) here is physical sense discovery of $\zeta(s)$ Zeta Riemann Function and Proof-Solution of the Great $\zeta(s)$ -Zeta Riemann's Hypothesis [$\zeta(s)$ RH], on the foundation of "Multitemporal Theory of Relativity" by Prof. Nikola St. Kalitzin - Pioneer and Genius of the World Space Era.

1. Пролог. Мултитемпорални космология и теория на относителността

Днес за "Пионерите в овладяването на Космоса" сякаш всичко е ясно: от Кибалчич и Циолковски до Годар, Фон Браун, Корольов . И дори - за могъщия "Space Propulsion" на Поанкаре, Айнщайн, Г. Манев, К. Попов [1-3,6,7,9-11,17,21,23],..., и стигнем до "Cosmos Consortium" на Хокинг[13,17-20,28]... Има обаче една направо сензационна "Енигма на Енигмите" - "MTR – N. S. Kalitsin" [16], дала необикновен тласък на ракетните и космическите проекти до ниво, надхвърлящо и "Фотонните ракети", и "Теорията на относителността", и "Модерната космология" [1-3,7,9,11,13,17-20]... Кой е Никола Ст. Калицин и защо неговата "MTR" е начало на модерната космология и GUT?! – Това за мен като свободен човек и учен е "Въпрос на Въпросите", както "Проблем на Проблемите" е "Хипотезата на Риман" [8,22,25-27,30-33]. Решения на двете загадки са дадени тук в корелация с резултати на нобелиста по физика за 2000 година Майкъл Бери - "Berry-Paradigms" [5]...

Във времето на епохални открития и физични теории, абсолютна глобална енигма е фундаменталната роля в развитието на космологията на уникалния и трансцендентален световен учен проф. Никола Ст. Калицин! Естествено, неговата феноменална в световен мащаб монография "Multitemporal Theory of Relativity" (MTR) [16] е толкова значима и толкова превъзхождаща за времето си всички теории на космополитни учени, че може да бъде издадена за жалост единствено след смъртта на проф. Калицин, което е белег само за малцина от гениите на Света. В разбирането си за космическата физика и космологията, и специално за мултитемпоралната същност на Света от микро-космоса до макро-космоса, Калицин определено е задминал всички корифеи в световната наука от Айнщайн и Фридман [6,10-11,34] до Хокинг [1-3,13,17-21,24,29], без да му бъдат отдадени и частичка от техните "чест и почитания" и заслужената "слава и величие".

Един универсален секрет за ключовете към обединителното поле на Айнщайн “Gesamtfeld”, MTR, Римановата космология (RC) и Трансценденталната космология на времената (Transcendental Cosmology of Times - TCT) е физическият смисъл и физичните интерпретации на “редовете на Дирихле”, между които дзета-функцията $\zeta(s)$ е най-проста, но най-важна за световната наука на 21 век, в т.ч. и поставения под №1 проблем на проблемите – Хипотезата на Риман [8, 30-33], чието иновационно решение с кратко доказателство (innovative solution of $\zeta(s)$ RH with sort proof), реална алтернатива на Science Fictions Proofs [30, 32], ще дам тук в централната част на изследването на проблема “Космология и Мултитемпорална теория на относителността”.

Сър Уилям Роуън Хамилтън (W. R. Hamilton) първи пледира, че “Науките на Бъдещето” (Sciences of the Future) ще бъдат “Науки за феноменологията на Времето” [12]!... Така, “Космология на Времената” (Cosmology of Times) [1, 2, 3] и Мултитемпоралната Теория на Относителността (MTO) - “Multitemporal Theory of Relativity” (MTR) [16] са реални иновации и естествена еволюция на предсказанието на Хамилтън за “Науките на Времената” [28] ...

Този труд, тук и сега, показва за първи път в Света (102 години след Einstein's Special Theory of Relativity (STR)), възможността за създаване на Universal Multitemporal Theory (UMT), адаптивна за триадата Micro-Cosmos, Cosmos, Macro-Cosmos с развитие на “Multitemporal Theory of Relativity” (MTR) [16] и ключови космологични парадигми, свързани с решаване на световните научни проблеми – FLT(Fermat's Last Theorem); NCP (N-Colors Problem); ζ RH ($\zeta(s)$ Riemann's Hypothesis) [14, 31] и развие на GUT(Grand Unification Theory) [17-20] и Cosmology of Times [1-3].

2. Критика на съвременната космология и на космологичните теории

Сериозен критичен анализ на съвременната космология и на модерните космологични теории е невъзможен без изследване антропогенезиса на прехода от едномерно 1D-време към многомерно N-D време, асоцииран с гениалното въображение на космополитните учени Fermat, Huygens, Hamilton, Newton, Euler, Galois, Gauss, Riemann, Einstein, Bergson, Bohm, Prigogine, Hawking, Atkin, Kalitzin и др., за създаване на ново знание, следвайки парадигмата на Айнщайн, че “само въображението ражда ново знание”... Съвременната космология и космологични теории през 21 век и III-то хилядолетие ще направят два съществени прехода:

2.1. От Космология на равновесните системи към космология на неравновесните системи и от космология на многомерното Пространство-Време N-Dim-S_T (4D, 5D, ..., 10D, 11D, ..., 27D, ... и т.н. космологични теории) , при които обаче времето е едномерно – към

2.2. Космология на многомерното време и мултитемпорална космология, включваща мелтитемпоралната теория на относителността на проф. Никола Ст. Калицин.

Съвременното развитие на космологията и космологичните теории има свои “бифуркации” и “биекции” (космологични “сюрекции” и “инекции”) и дори свои абсурдни холоморфни генерализации като абсурдът, че “Светът е холоморфен на тримерната 3D сфера на Поанкаре”, без световната наука да е разбрала изобщо смисъла на Науката в разбиранията на Поанкаре, че “Динамичният Свят на Вселената е 6D Свят на 6-мерната група на трансференциите”!...[2-3,16,23].

3. Синтез на физични теории в универсална мултитемпорална космология

Известни са много опити за синтез на физични теории за обединяване на физиката на микрокосмоса, космоса и макрокосмоса, но липсата според световните капацитети във физиката и в наукознанието на обединителен физичен фундамент, отложи на практика създаването на Единна Теория на Полетата, без да бъде намерено и обединително физично поле на всички полета...

Много важно е да бъде категорично подчертана констатацията, че във всяко бъдещо проучване и развитие (R&D) на Световните Науки за Пространство-Времето (като например изследване феноменологията и парадигмите на Cosmology of Times; Multitemporal Theory of Relativity (MTR); Man-Evolution-Cosmos) има две “крайъгълни феноменологии” – на Мултитемпоралната Космология и на Трансценденталната Космология [1-3,4,9,16-20,28], за които можем да кажем, че са “инвариантни относно една генерална група на трансцендентности на Галуа”...

Проблемът на Проблемите е в осъзнаване на следните две космологични парадигми:

3. 1. Изследване на каквато и да било “Еволюция на Вселената” е невъзможна без 6D развитие на “Еволюционното уравнение на Шрьодингер” [12,30,31], което като първи опит е развито от автора в 6D Еволюционно уравнение на Шрьодингер-Бом-Петков [3].

3. 2. Всичко съществено в Космоса от микрокосмоса до макромасштабите на Вселената е свързано с “трансцендентните числа, множества и функции” [1-4,12,22,25-27]. Трансцендентностите, които са най-голямата ерест и абсурд за всички тоталитаристи в Науката, Философията и Политиката не са просто “множества с мощност на континуум” в математически смисъл. Трансцендентностите [4,14-29] са почти “Всичко във Вселената” с трансцендентална мярка на групата на всички

трансцендентни множества (наречена тук и сега трансцендентална мярка на Галуа $T(\Gamma)$), вкл. групата на трансцендентните функции.

Вече над 100 години от идеята за *Infinitemporal Theory of Relativity (ITR)* на Калицин-Баша [16] (от генерацията на Poincare, Einstein and Lorentz) и 40-години след създаването на *Multitemporal Theory of Relativity (MTR)* от Калицин-Син [16], известен в космическите изследвания в България и по света преди всичко като един от създателите на “photons rackets with hyper-light-speed”, чиито трудове са използвани за развитие изследванията на Космоса от Wernher von Braun (NASA) до Съветските космически програми (*Space USSR Programs*), става възможно да потърсим *антропогенетичните корени на комплексното и многомерното време* [1-3,13,16], връщайки се 300 години назад към Ойлер и след това към Хамилтон, Гаус, Поанкаре [12,14,23] (трима гении – ръководили три астрономически обсерватории) и руско-немската синергетична мисъл, пресичаща се в Кьонингсберг, Петтербург и Гьотинген с върхове в гениите на Бернхард Риман, Чебишев, Ляпунов, Котелников – проникнали най-дълбоко в комплексните функции и трансценденталните истини за Времето и Космоса!... [1-4,23-34].

Първата сериозна научнообоснована парадигма в Света за синтез на физични теории в универсална мултитемпорална космология върху принципите на У. Р. Хамилтън [12] за “Науки на и за времената”, респективно – “*Physics of Times*” и *Multitemporal Theory of Relativity (MTR)* е развита от проф. Н. Калицин в монографията му [16] по един блестящ начин. Тук ще обърнем внимание, че проф. Калицин набляга в заглавието и текста върху парадигмата “multitemporal”, докато във формулите използва общото “infinitemporal” парадигма, поради използване на теоретичен модел в общия сличай с множество от безброй времена $\{t_n, n := 4,5,6,..., n \rightarrow \infty\}$.

Цитирам дословно квинтесенцията на Калицин по оригинала на английски [16], поради историческата важност на този труд: “*Chapter V: - IS THE CP-VIOLATION A MANIFESTATION OF SOME NEW DIMENSIONS OF THE WORLD? : - I. DIRAC EQUATION FOR SIX-DIMENSIONAL SPACE*

According to publications [1] and [2] (Заб. – виж [16]) our four-dimensional physical world is only a first approximation to the true world. According to the same works physical space has the metric

$$(1) \quad ds^2 = \sum_{j=4}^{n \rightarrow \infty} c_j^2 \cdot dt_j^2 - \sum_{j=1}^{j=3} dx_j^2, (1.1) \text{ (where } n \rightarrow \infty) \text{ and } c_4 < c_5 < c_6 < ... c_n, (1.2),$$

$c_4 = c$ — velocity of light in vacuum, $c_5, c_6, c_7, ..., c_n$, — characteristic velocities, t_4 — Einstein's relative time, $t_5, t_6, t_7, ..., t_n$, — are new times which play a part in elementary particles physics. The Hamilton-Jacobi equation for a particle in relativistic mechanics built on the basis of (1) according to [1] and [2] has the form

$$(2) \quad \sum_{j=4}^{n \rightarrow \infty} \frac{1}{c_j^2} \left(\frac{\partial S}{\partial t_j} \right)^2 - \sum_{j=1}^{j=3} \left(\frac{\partial S}{\partial x_j} \right)^2 = m_0^2 \cdot c_4^2$$

S — the action of the material point with the rest mass m_0 . If we assume that the derivatives of S with respect to $t_5, t_6, t_7, ..., t_n$, are smaller than or at least of the same order as the derivative of S with respect to t_4 , then equation (2), on the basis of relations (1.2), shows that the influence of the new times of higher indices quickly diminishes. This explains the fact that our world is in first approximation a four-dimensional world.

For a better understanding of the processes taking place in the world of elementary particles it is necessary to consider the following approximation: there must be a transition to 5,6,7,..., n – dimensional spaces”.

С гениална интуиция и дълбоко научно разбиране Калицин се връща към безкрайните редове и полета на първоучителите Ойлер, Гаус, Риман, Хамилтън и Поанкаре [12,22-27], към които днес се връща и нобелиста проф. Майкъл Бери [11], търсейки преосмисляне на принципите на квантовата физика и квантовата механика... Явно, без да познава трудовете на Калицин и физически обоснованото получаване на “random matrix” на базата на обобщение на вълновите уравнения на Dirac, за които в 1955-1956 година в три публикации Калицин [16], обобщава уравнението на Дирак в 6-мерно пространство: - “The Dirac equation was generalized for a six-dimensional space” ...

4. Анализ, синтез, решения и иновации на мултитемпоралната космология

Според някои последни информации, отнесени към един от световните лидери и модератори на съвременната физика F. J. Dyson [9], “резултати на Рамануджан” са използвани за иновационно развитие на “суперструнните теории”. Истинският път обаче е друг. –Това принципно може да стане със следното инфинитемпорално обобщение, което води на практика към GUT и Theory of

Everything, с иновационна инфинитемпорална комплексна мярка за космологичното пространство-време:

$$(3) \quad dS^2 = \sum_{j=4}^{n \rightarrow \infty} V_j^2 \cdot d(t_{Xj}^2 + i^2 t_{Yj}^2) - \sum_{j=1}^{j=3} V_j^2 d(t_{Xj}^2 + i^2 t_{Yj}^2), \text{ (where } n \rightarrow \infty) \text{ and } S = X + iY$$

$$(4) \quad V_1 = V_{SH} < V_2 = V_{SV} < V_3 = V_P, < \dots, \dots < V_{L-1} < V_L < V_{L+1} < \dots, < V_n < \dots, \text{ където}$$

$V_1 = V_{SH} < V_2 = V_{SV} < V_3 = V_P$ — комплексен скоростен вариационен репер на Ферма-Хамилтон-Пузирев на полето на времето за анизотропни среди в общия квантово-механичен случай; $V_{L-1} < V_L < V_{L+1}$ — комплексни вариации на скоростта на светлината около velocity of light in vacuum; $V_4, V_5, V_6, \dots, V_{n-1}$, — комплексни характеристични скорости в мултитемпоралното поле на времето на Калицин-Пузирев, $V_n, V_{n+1}, \dots, V_\infty$ — комплексни свръхсветлинни инфинитемпорални скорости на Калицин-Зомерфелд-Басов, t_L — комплексно релативно време на Айнщайн (Einstein's complex relative time), $t_1 = t_{SH} > t_2 = t_{SV} > t_3 = t_P$ — комплексни характеристични времена на полето на времето.

Тук ще дадем доказателство (proof), което е само обект на време да се разбере от световните капацитети, че е и решение (solution), за разлика наличните едно типично английско доказателство на George Spencer-Brown [32] и на едно типично китайско доказателство на Shi Kaida [30]. В следващи изследвания ще покажем значението му за космологията, за физиката и за науката като цяло....

Добре известни са следните релации [8,15,22,25-27,30,32-33]:

$$(5) \quad \zeta(s) = \prod_{p=1}^{p \rightarrow \infty} (1 - p^{-s})^{-1} = \sum_{n=1}^{\infty} 1/n^s, \quad \zeta(1-s) = \prod_{p=1}^{p \rightarrow \infty} (1 - p^{s-1})^{-1} = \sum_{n=1}^{\infty} 1/n^{1-s},$$

където $p \in \{P\}$ – множество на простите числа ; $n \in \{N\}$ – множество на естествените числа.

$$(6) \quad \zeta(s) = 2^s \cdot \pi^{s-1} \cdot \sin(\pi s/2) \cdot \Gamma(1-s) \cdot \zeta(1-s)$$

$$(7) \quad \zeta(1-s) = 2^{1-s} \cdot \pi^s \cdot \cos(\pi s/2) \cdot \Gamma(s) \cdot \zeta(s)$$

$$(8) \quad \Gamma(s) \Gamma(1-s) = \pi / \sin(\pi s) \neq 0$$

Оттук вече идва и идеята, и самото решение на Хипотезата на Риман, като за да бъдем най-близко до физико-математическия апарат на Риман ще дадем за простота и яснота асимптотично кратко и ясно решение с класическия апарат.

Доказателство на Великата хипотеза на Риман

(Proof – Solution of ζRH - $\zeta(s)$ Riemann's Hypothesis)

При дефинитивното за $\zeta(s)$ (по условие) $p \rightarrow \infty$ и поради наличието на равенствата

$$(9) \quad 0 = \zeta(s) = \zeta(1-s) = 0, \text{ (следствие от функционалните уравнения (11), (12), (13))}$$

верни за корените s в полуравнината $\text{Re}(s) \geq 1/2$ с изключение на полюса $s = 1$ и верни за корените s в полуравнината $\text{Re}(s) \leq 1/2$ с изключение на полюса $s = 0$ [15,22,26-27,30,32-33], последователно следва, че дзета-функцията на Риман има корени тогава и само тогава, когато:

$$(10) \quad \text{Re}\{\lim[\zeta(s)/\zeta(1-s)]\} = \text{Re}\{\lim \prod_{p=1}^{\infty} [(1 - p^{s-1})/(1 - p^{-s})]\} = \text{Re}\{\lim \prod_{p=1}^{\infty} [(p^{2s-1})]\} = 1.$$

Последната релация в (10) аналитично и еднозначно $\forall p \rightarrow \infty$ е равносилна на следната релация за степенния показател $2s - 1 = \text{Re}(2s - 1) + \text{Im}(2s - 1)$, ($\forall p \rightarrow \infty$ от $\zeta(s)$):

$$(11) \quad \text{Re}(2s - 1) = 1, \text{ равносилно на } \text{Re}(s) = 1/2.$$

С това Хипотезата на Риман, поставила на интелектуални изпитания и предизвикателства цялата човешка цивилизация вече близо век и половина (148 години), е доказана.

5. Перспективи, заключения и изводи за мултитемпоралната космология

Интересно е да отбележим следните аналитико-физични асоциации за перспективен размисъл, заключения и изводи, свързани с решението на Римановата хипотеза:

1. Устойчивото развитие на земните цивилизации е невъзможно без «Space Propulsions» изразено в прехода към «Cosmology of the Times» и към «The Time of Cosmology»!...

2. Приносът на Чебишев и Риман, респективно на Ойлер и Гаус към космологията и към науките на 21 век ще нараства с нарастване разбирането за «скритата физическата същност на обобщените дзета-функции на Ойлер-Риман и техните съвременни трансцендентални приложения във върхови достижения на човешката цивилизация [4-34], в т.ч. «RS of Earth and Cosmos» [3].

3. «Вдъхвайки» физическа времева и спектрална динамика в основната теорема [22] на «трансцендентната аритметика» на Чебишев и в «основната теорема на простите числа»:

$$(12) \quad \lim\{\pi(x)/[x/\ln(x)]\} = 1 \text{ и } \lim\{F(x)/[x/\ln(x)]\} = 1 \text{ при: } x \rightarrow \infty$$

$\pi(x) = F(x) = \#\{p \leq x, p - \text{prime}\}$, съответно $\pi(x)$ при Чебишев и $F(x)$ при Риман

и респективно в дзета-функцията на Риман и в редовете на Дирихле получаваме:

$$(13) \quad \inf F\{\zeta(s, x=1, f := f_n)\} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n^s} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} := \frac{1}{f_1^s} + \frac{1}{f_2^s} + \frac{1}{f_3^s} + \dots + \frac{1}{f_n^s} + \dots$$

$$(14) \quad \inf T\{\zeta(s, x=1, t := t_n)\} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{f_n^s} = \sum_{n=1}^{\infty} t_n^s := t_1^s + t_2^s + t_3^s + \dots + t_n^s + \dots = \inf\{T\}.$$

Сега вече можем да развием комплексното време на Хокинг в иновационното комплексно инфинитемпорално време $\inf T$, да го свържем с $\zeta(s)RH$ и да направим «арбитраж» между дзета-функцията на Риман, Чебишевите тригонометрични полиноми и Хилберт-трансформациите в честотната област. Безброй системни кибернетични и технологични приложения следват директно от следното иновационно комплексно Хилберт-представяне на инфинитемпоралното време $\inf T$:

$$(15) \quad \inf T\{\zeta(s := \alpha + i\beta, t := t_n)\} = \sum_{n=1}^{\infty} t_n^s = \sum_{n=1}^{\infty} e^{\alpha \ln t_n} \{\cos(\beta \ln t_n) + i \sin(\beta \ln t_n)\}.$$

Получавайки в (15) комплексен сигнал за $\zeta(s = \alpha + i\beta)$ стават ясни и хипотезите, и Хилберт-критериите за $\zeta(s)$ на нобелиста Майкъл Бери [11] в модерната физика и космология.

Едно възможно физическо обобщение на редовете на Дирихле ни дава възможност да имаме едно тривиално положение на инфинитемпоралния модел на Калицин при допускане на $x = F(V)$ и

тривиален скоростен модел $F(y) = \arg F$, наподобяващ $\inf_n \#\{f(x)\} = \frac{1}{n} \cdot F(x^{\frac{1}{n}})$ [27] -

$$(16) \quad x = \sqrt[n]{V} = V^{\frac{1}{n}} = e^{\ln(V^{\frac{1}{n}})} = e^{\frac{\ln V}{n}} \text{ или в инфиникосмологичен ред получаваме:}$$

$$(17) \quad \inf S\{\zeta(s := \alpha + i\beta, x = V^{\frac{1}{n}}, t := t_n)\} = \sum_{n=1}^{\infty} e^{\alpha \ln t_n + \frac{\ln V}{n}} \{\cos(\beta \ln t_n) + i \sin(\beta \ln t_n)\}.$$

Изводи:

1. Инфинитемпоралното и мултитемпоралното комплексно представяне на времената и техните многомерни обобщения във вълнови функции и уравнения разкриват единния и всепроникващ характер на «полето на времето» и обясняват генерално проблемите: $\zeta(s)RH$, N-Colors; N-Body, N-

dim S-T Continuum [2,8,14,31] и множество актуални проблеми на съвременната космология и космическите изследвания, в т.ч. "RS of Earth, Planets and Infinitesimal Cosmos" [3].

2. Комплексното вълново поле на времето (15) – физично обобщение на Riemann Zeta Function и на Einstein's "Gesamtfeld" е обединително поле за микрокосмоса, космоса и макрокосмоса. То е безалтернативен физически и теоретичен фундамент за обединение и развитие на съвременната космология, теорията на относителността, квантовата космология, GUT и Theory of Everything като елементи и етапи в развитието на Cosmology of Times [1-3] и Multitemporal Theory of Relativity [16].

3. Представеното иновационно оригинално кратко и ясно доказателство-решение (Proof-Solution) на поставения [8,31] под №1 между научните проблеми – Хипотезата на Риман (Riemann Hypothesis) за корените на Римановата дзета-функция ($\zeta(s)RH$) се базира на неопровержими функционални уравнения и съпътстващи резултати на Euler, Gauss, Riemann, Чебишев, Hurwitz, Courant, Колмогоров, Rademacher, Н. Обрешков, Л. Чакалов, Г. Данилов и др., и има физически мултитемпорални и комплексни интерпретации, адаптивни с тези на Kalitsin & Berry [11,34].

Литература:

1. A n d o n o v, Z. D., 1999, The Paradigm of Stephen Hawking and the Challenges of Civilizations and Cosmos to the IIIrd -Millennium. – Proc., International Sc. Conf. – "30-Years Space Research in Bulgaria", Sofia, p.117-120.
2. A n d o n o v, Z. D., 2005, Multidimensional Time, Multidimensional Man and Solution of N-Bodies Problem in Multidimensional 6D Space-Time. – Anniversary Scientific Session – National Defence Un-ty, Aero-Space Department – Proc. Vol. 2, p.341-359.
3. A n d o n o v, Z. D., 2006, Thinking Experiments in Remote Sensing of Earth and Cosmos. - SENS'2006 - International Scientific Conference, Varna, Proceedings: CD & <http://www.space.bas.bg/astro/ses2006/Cd/R6.pdf>, Session 3, Paper No.6, p.1-7.
4. B a k e r, A., et al., 1988, New Advances in Transcendence Theory. On the transcendence methods of Gelfond and Schneider in several variables. - Cambridge Univ. Press, Cambridge, N.Y., New Rochelle, Melbourne, Sydney, 434 pp.
5. B e r r y, M. V., K e a t i n g, J. P., 1999, $H=xp$ and the Riemann zeros, in Supersymmetry and Trace Formulae: Chaos and Disorder. - Plenum Press, Eds.: - I. V. Lerner, J. P. Keating & D. E. Khmelnitskii, p. 355-367.
6. B u r k e, W. L., 1988, Space-Time, Geometry, Cosmology. - University of California, Santa Cruz - Mill Valley, California, 416 pp.
7. C o l e s, P., 2005, The state of the Universe. – In the 2005 – World Year of Physics Review Articles (pp. 215-258), NATURE, 20 January 2005, Vol. 433 / Issue No. 7023, p. 248-256.
8. C o n r e y, J. B., 2003, The Riemann Hypothesis. - Notices of the American Mathematical Society (AMS), 50, 2003, p. 341-353.
9. D y s o n, F. J., 1991, Butterflies and Superstrings. - The World Treasury of Physics, Astronomy and Mathematics. Ed. Ferris, Timothy - New York, Little, Brown & Company, 1991, p. 128-145.
10. E i n s t e i n, A., 1949, RELATIVITY - The Special and the General Theory. - METHUEN & Co. Ltd., London, 150 pp.
11. G a r c i a - B e l l i d o J., 2004, Lectures on cosmology: ASTROPHYSICS and COSMOLOGY. – CERN - JINR European school, (T), astro-ph/0502139, ESHEP 2004, CERN report, 186 pp.
12. H a m i l t o n, W. R., 1931, The Mathematical Papers of Sir William Rowan Hamilton: - Cambridge at the University Press: - Vol. I Geometrical Optics; 1931, 534 pp.; Vol. II Dynamics, 1940, 656 pp.; Vol. III Algebra, 1967, 672 pp.
13. H a w k i n g, S., E l l i s, G., 1973, The Large Scale Structure of Space-Time. - "Cambridge University Press", 391 pp.
14. H i l b e r t, D., 1900, Mathematical Problems - Lecture delivered before the International Congress of Mathematicians – Paris, 1900. - <http://aleph0.clarku.edu/~djoyce/hilbert/problems.html> - 2000, 31 pp.
15. H u r w i t z, A., C o u r a n t, R., 1925, 1964, Vorlesungen Über Allgemeine Funktionentheorie Und Elliptische Funktionen; Herausgegeben Und Ergänzt Durch Einen Abschnitt Über Geometrische Funktionen theorie. - SPRINGER-VERLAG, 1925, 618 pp.
16. K a l i t s i n, N. S., 1975, Multitemporal theory of relativity. - (Nikola S. Kalitzin – Sofia, Publishing House of the Bulgarian Academy of Sciences), [http://www.collectionscanada.ca/wbin/resanet/resultsm//Subject=Relativity+\(Physics\)](http://www.collectionscanada.ca/wbin/resanet/resultsm//Subject=Relativity+(Physics)), 123 pp.
17. K o l b, R., 2004, Theoretical View of Cosmology. – Visions of the Future - 22nd Texas Symposium on Relativistic Astrophysics at Stanford University, Dec. 13-17, 2004, http://www.slac.stanford.edu/econf/C041213/proc/sess_10.htm, Presentation, p. 1-11.
18. L a c h i e z e - R e y, M. et al., 1999, Theoretical & Observatoy Cosmology: Proceedings - NATO Science Series –C: Mathematical & Physical Sciences– Vol.541, Kluwer Academic Pub., 396 pp.
19. L a n g, K. R., 1974, 1978, 1999, Astrophysical formulae: – Vol. 1: Radiation, Gas Processes, and High-Energy Physics; Vol. 2: Space, Time, Matter, and Cosmology. - 1974, 1978, 3rd Ed. Springer-Verlag, 1999, 614 pp.
20. L i d d l e, A., 2003, An Introduction To Modern Cosmology Second Edition. - University of Sussex, UK, John Wiley & Sons Ltd, The West Sussex PO19 8SQ, England, 172 pp.

21. M a n e f f, G. I., 1930, La gravitation et l'energie au zero. - Comptes Rendus, Paris, T. 190, p. 1374-1377.
22. O b r e s h k o f f, N., 1962, Number theory, BG, Теория на числата. – С., Изд. „Наука и Изкуство“, 247 с.
23. P o i n c a r e, A., 1892, Les Methodes Nouvelles de la Mecanique Celeste: - Vol. I-III - Paris, 1892. – Russian : - Изд. "Найка", Москва, 1971, T.I - 771 с.; T.II - 999 с.; T.III - 771 с.
24. P u e t z f e l d, D., 2004, Prospects of Non-Riemannian Cosmology - 22nd Texas Symposium on Relativistic Astrophysics at Stanford University, Dec. 13-17, 2004, Proceedings, p. 1221-1-4.
25. R a d e m a c h e r, H., 1974, Fourier analysis in number theory. - In Collected Papers of H. Rademacher, Vol. II, p. 434–459.
26. R i e m a n n, B., 1859, Ueber die Anzahl der Primzahlen unter einer gegebenen Grösse. - Monatsberichte der Berliner Akademie, November 1859, p. 671-680.
27. R i e m a n n, B., 1876-1948, Bernhard Riemann's gesainmelte mathematische Werke und wissenschaftlicher Nachlass» (Leipzig, Teubner)–1876; Russian: – Риман Б., Сочинения, ОГИЗ - ГИ ТТЛ, М.-Л., 1948, 543 с.
28. R o o s, M., 2003, Introduction to Cosmology. - Third Edition, John Wiley & Sons, West Sussex PO19 8SQ, 279 pp.
29. S a g a n, C., 1980, Cosmos. - New York: Random House, 1980. – BG – „БАРД“, 2004, 347 с.
30. S h i, K., 2003, A Geometric Proof of Riemann Hypothesis. - Math/0308001, <http://eprintweb.org/S/archive/math/0308/>, p. 1-21.
31. S m a l e, S., 1998, Mathematical Problems for the Next Century. - Math. Intelligencer 20, No. 2, p. 7-15.
32. S p e n c e r – B r o w n, G., 2006, A Short Proof of Riemann' S Hypothesis. – <http://www.laws-of-form.net/riemann.asp>, p. 1-10.
33. T c h a k a l o v, L., 1982, Opera – Vol. I, Sofia, BAS (Bulgarian Academy of Sciences) Press, 364 pp.
34. T o l m a n, R. C., 1934-1949, Relativity, Thermodynamics and Cosmology. – “Clarendon Press”, Oxford, 503 pp.

Session 2

***Aerospace Equipment
and
Technologies***

Chairman: Prof. Petar Getsov
Secretary: Res. Fell. Palmira Panova

БЕЗПИЛОТЕН САМОЛЕТ- МОДЕЛИРАНЕ И УПРАВЛЕНИЕ

Димитър Йорданов, Петър Гецов

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

UNMANNED AIRCRAFT- MODELLING AND CONTROL

Dimitar Jordanov, Petar Getsov

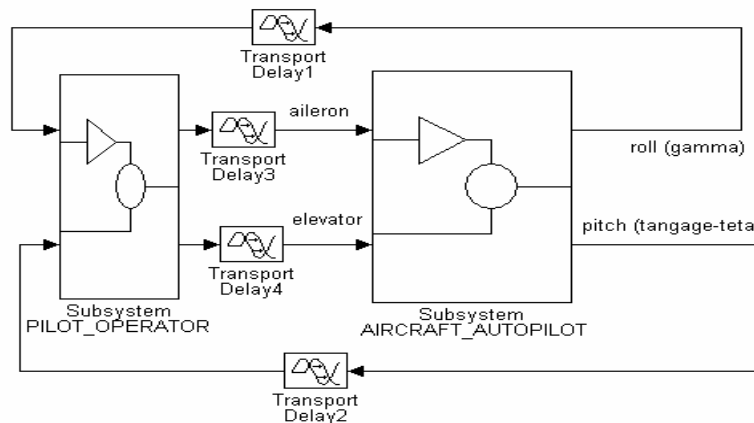
Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Резюме: Предложен е метод за проверка на идеите за управлението на безпилотен самолет чрез моделиране на контура за управление. Моделите са разработени в “Matlab-Simulink”. Получени са резултати, чрез които се изясняват съществуващи проблеми в контура за управление извън зоната на пряка видимост и са предложени способи за осигуряване на устойчивост на контура при голямо закъснение в системата за дистанционно управление.

В бързо развиващата се област на безпилотната техника управлението е един от сериозните проблеми, от които зависят безопасността на обекти, разположени в зоната на полета и изпълнението на целевите задачи на мисията. Моделирането засега е най надеждния способ за предварително изучаване на проблемите в управлението извън зоната на пряка видимост на самолета. При моделирането и изследването на процесите в контура за управление на безпилотния комплекс се приема, че в пункта за управление пилотът-оператор има информация на монитор за крена и тангажа на самолета подобно на авиохоризонт в кабината на реален самолет и изображение на заснетата повърхност. Това предполага разпределение на вниманието на пилота-оператор подобно на реален полет. Управлението по двата канала се осъществява с отделни ръчки или с един манипулатор от типа “джойстик” независимо по два канала – елерони и кормило за височина. Третият канал – кормилото за направление в полет е поверен само на автопилота и работи като демпфер на рисканието.

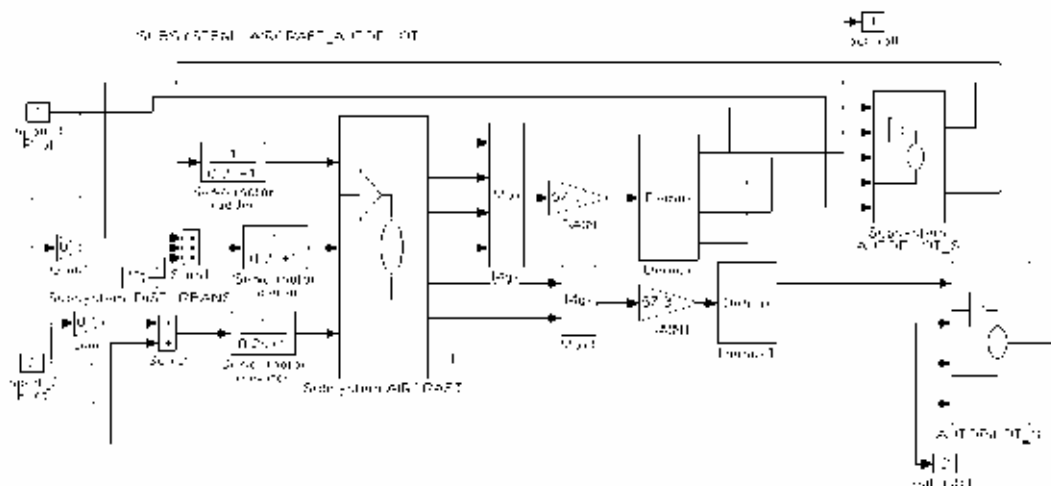
Моделиран е контур за управление с голямо закъснение на сигнала към самолета и от самолета до пункта за управление - общо $\Delta\tau=1.4s$, което е близко до данните посочени от други изследователи (4) и съответства на условия на полет извън зоната на видимост. Практиката е установила неустойчивост на контура за ръчно управление при такива полети и опитите за точно пилотиране и даже намеса за корекции по получената информация от апарата са се оказали опасни за полета (5). Моделирането на безпилотния комплекс има за цел да създаде работоспособна база за изследване на проблемите в управлението му.

Общият вид на модела е показан на фиг.1. Всеки блок има няколко нива на подробност.



Фиг. 1. Модел на безпилотния комплекс

На фиг. 2 е показана подсистемата "AIRCRAFT-AUTOPILOT"



Фиг. 2. Модел на подсистемата "AIRCRAFT-AUTOPILOT" за комбиниран режим на управление на аппарата с 3 канален автопилот.

Отделните блокове на фигурите 1 и 2 имат следното значение:

- Подсистема "AIRCRAFT" – моделира поведението на самолета в надлъжно и странично движение и връзките между тях, визуализира траекторията и осигурява информация за работата на автопилота;
- Подсистема "DISTURBANS" – симулира смущения по ъгъл на наклона (крен), въвеждани чрез отклонение на елероните; подобни подсистеми са въведени и за ъглите на рисканието и тангажа;
- Подсистема "PILOT_OPERATOR" моделира сензомоторните действия на оператора;
- Останалите блокове и подсистеми моделират работата на автопилота в надлъжния (AUTOPILOT_N) и страничния канал (AUTOPILOT_S) на управлението, а "Transport Delay" – закъснението при работа извън зоната на видимост.

Автопилотът работи по кръстосана схема и е триканален, програмируем от пулта за управление. В канала на кормилото за направление в полет работи като демпфер на рисканието. За автоматично управление на самолета в хоризонтална плоскост автопилотът "получава" от модела информация за наклон (крен), рискание, ъглова скорост на наклона, а за автоматично управление във вертикална плоскост автопилотът работи по сигнали за височината на полета, ъгъла на тангажа и ъгловата скорост на тангажа. Текущите параметри се сравняват с програмните и разликата се нулира при работа в автоматичен режим. Органите за управление се задвижват от три кормилни машини, които са изпълнителни електромеханизми както на автопилота така и на командите на пилота-оператор. Операторът няма задача да работи с кормилото за направление. В модела е реализирана **идея за комбиниран тип управление**, в която операторът за корекции на полета може да се намесва в работата на автопилота без да го изключва. Условно такъв режим се нарича **"управление чрез автопилот"** (командите на оператора се подават в автопилота като зададени параметри по крен и тангаж, които се сумират с програмните).

Автопилотът може да се програмира по курс, наклон, тангаж, вертикална скорост и височина в типови маневри (виражи, завои, набор на зададена височина и снижение до зададена височина). Моделите на оператора в двата канала са елементарни и отчитат най-важните му свойства – закъснение на сензомоторната реакция, зона на нечувствителност и управление по един параметър. Предавателната функция на модела на оператора за управление в затворен контур е от типа $W(s) = K_{\text{пилот}} e^{-0.3s}$. При моделиране на действията на оператора се приемат данни от изследвания за пилотируеми самолети (1), (2), (3). Закъснението и коефициентите на усилване са приети като средни стойности - постоянни за симулацията. В действителност те са случайни величини. Проведени са симулации и с пределни коефициенти на усилване на пилота в различни условия за кратко време.

За оценка на функционирането на модела се контролират 18 параметри на полета чрез средствата на визуализация и графика, които предлага продукта "Simulink".

Резултати от изследването на безпилотния комплекс

Работата с компютърния модел за изследователски цели е целесъобразно да стане в следния ред:

1. По данни за обекта за управление се изчисляват предавателните числа на автопилота по крен и тангаж и съответните ъглови скорости. Предавателните числа на автопилота са определени по

методика от (3) и се коригират по вида на преходните процеси. За конкретния модел автопилотът работи по следните закони:

$$\text{Кормило за височина } \delta^0_{\text{в}} = 0.77\Delta g^0 + 0.44\int \Delta g^0 dt + 0.235 \omega_z^{0/s}.$$

$$\Delta g^0 = g^0 - g^0_{\text{зад}}$$

$g^0_{\text{зад}}$ може да се задава по няколко начина:

$$g^0_{\text{зад}} = f(t)$$

$$g^0_{\text{зад}} = 0.16\Delta H_{(m)}$$

$$g^0_{\text{зад}} = 0.16V_y \text{ (m/s)}$$

$$g^0_{\text{зад}} = f_1(t) \text{ - от пилота оператор}$$

$$\text{Елерони } \delta^0_{\text{е}} = 0.75(\gamma^0 - \gamma^0_{\text{зад}}) + 0.0045\int (\gamma^0 - \gamma^0_{\text{зад}}) dt + 0.0045\omega_x^{0/s}$$

$\gamma^0_{\text{зад}}$ може да се задава по няколко начина:

$$\gamma^0_{\text{зад}} = f(t);$$

$$\gamma^0_{\text{зад}} = 0.6(\psi^0 - \psi^0_{\text{зад}}); \quad \psi^0_{\text{зад}} = f(t);$$

$$\gamma^0_{\text{зад}} = f_2(t) \text{ - от пилота оператор};$$

$$\text{Кормилото за направление работи по ъглова скорост на рисканието } \delta^0_{\text{н}} = 0.02\omega_y^{0/s}$$

2. Настройва се блок “Subsystem AIRCRAFT_AUTOPILOT” с характеристиките на устойчивост и управляемост за обекта и определените предавателни числа за автоматично управление около масовия център. В случая са заложили данни за малък безпилотен самолет с маса 50kg при следните характеристики:

$$C_{y^{\alpha}} = 4.72, C_{z^{\beta}} = -0.31, C_{z^{\delta H}} = -0.14, m_z^{C_y} = -0.13, m_x^{\beta} = -0.058, m_y^{\beta} = -0.12,$$

$$m_z^{\omega_z} = -8.99, m_x^{\omega_x} = -0.66, m_y^{\omega_y} = -0.1, m_x^{\omega_y} = -0.11, m_y^{\omega_x} = 0.11, m_z^{\dot{\alpha}} = -4.3,$$

$$m_z^{\delta e} = -1.09, m_x^{\delta e} = -0.24, m_y^{\delta H} = -0.07, m_x^{\delta H} = -0.01,$$

$$S_{\text{кр}} = 2.14 \text{ m}^2; l_{\text{кр}} = 5.06 \text{ m}; b_{\text{кр}} = 0.42 \text{ m}; I_x = 21.4 \text{ kg.m}^2; I_y = 29.3 \text{ kg.m}^2; I_z = 12.4 \text{ kg.m}^2$$

Височина на полета е от 10 m до 500 m и скорост 100 km/h. Самолетът е спирално неустойчив. Честотата на колебания в надлъжния канал е около 0.9 Hz, а относителният коефициент на затихване на колебанията е 0.83.

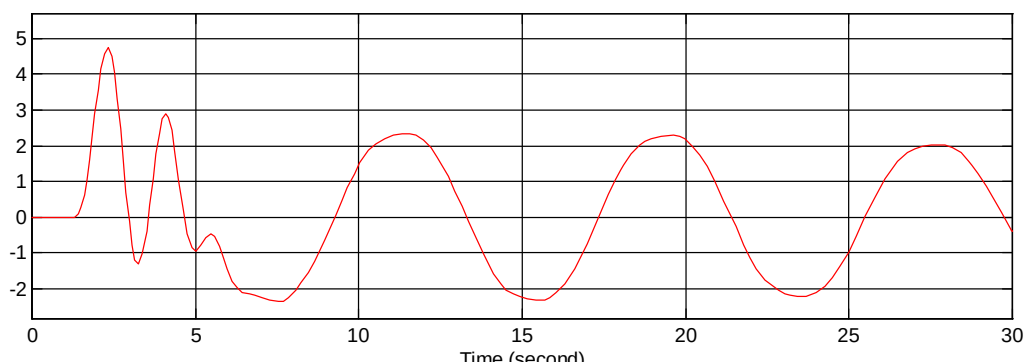
3. При изключена програма на автопилота и отсъствие на закъснение в предаването на сигналите се настройва моделът на пилота–оператор за паричане на смущения по крен и тангаж. Целта е да се определят критичните коефициенти на усилване за пилота в зоната на видимост.

4. При изключена програма на автопилота и закъснение в предаването на сигналите се настройва моделът на пилота–оператор за паричане на смущения по крен и тангаж. Целта е да се определят критичните коефициенти на усилване за пилота извън зоната на пряка видимост.

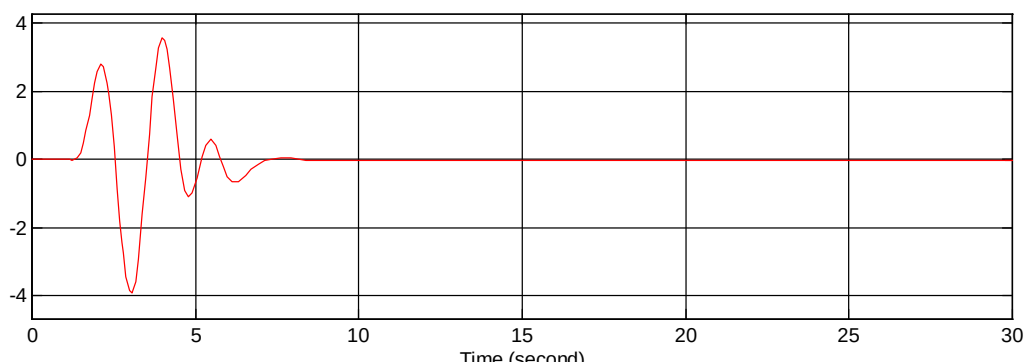
5. При същата настройка на модела се включва програма на автопилота, за да се реализира комбиниран режим на управление при паричане на смущенията. Проверява се наличието или отсъствието на устойчивост.

6. Проверява се изпълнението на криволинеен полет от автопилота, с намеса на оператора за корекции в комбиниран режим в зоната на видимост и извън зоната на видимост. Анализира се взаимодействието на пилота с автопилота и възможностите за ръчно пилотиране извън зоната с пряка видимост. Въвеждат се корекции в системата за управление за осигуряване на устойчив и безопасен полет.

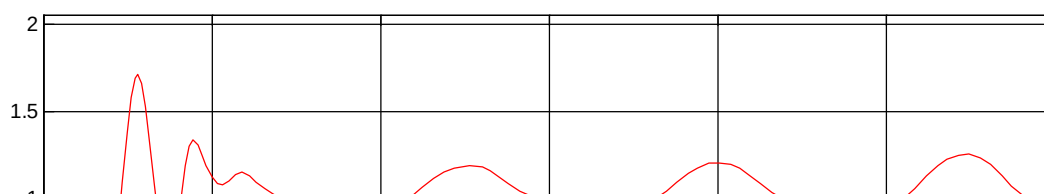
На фиг. 3-а и 4-а са показани преходни процеси след въведени смущения по крен и тангаж и паричане на смущенията от оператора в режим на ръчно управление и условия на полета **извън зоната на видимост**, далече от оператора (закъснение на сигналите в контура за управление 0.7s на входа и 0.7s на изхода от оператора). Автопилотът е изключен и операторът подава команди директно на кормилните машини, разполагайки с пълния диапазон за управление. Пилотът получава сигнали на монитора за изменение на крена и тангажа в градуси и на изхода от манипулатора реализира отклонение в градуси. Моделите на пилота–оператор по крен и тангаж са настроени с коефициенти на усилване близки до критичните, които в конкретните условия са $K_{\text{кр_тангаж}} = 0.452$; $K_{\text{кр_крен}} = 0.38$. Симулираните процеси са на границата на колебателна устойчивост. Под тях за сравнение са приведени същите преходни процеси, но с включен автопилот, при който движенията на лоста за управление се въвеждат от оператора като зададени параметри по крен и тангаж в автопилота - комбиниран режим на управление “чрез автопилот” (фигури 3-б, 4-б).



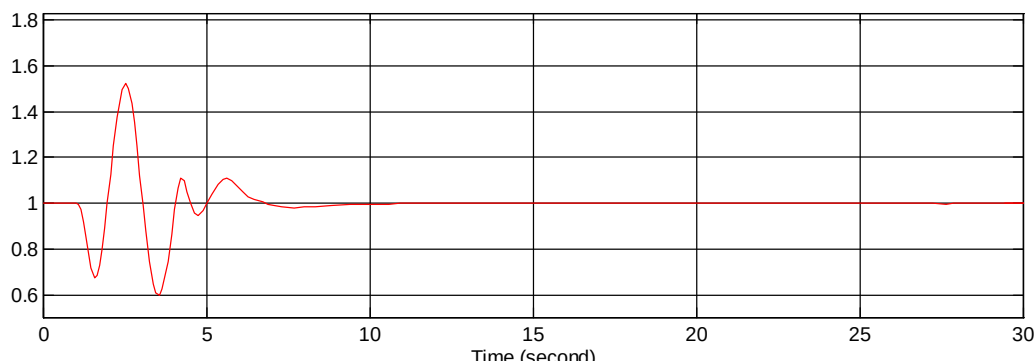
Фиг. 3-а. Наклон на самолета при опит да се парира смущение от пилота при ръчно пилотиране с критичен коефициент на усилване $K_{кр_крен} = 0.452$. Смущението е въведено между $t=1...4s$ с кормило за направление в диапазона $\delta_n = \pm 15^\circ$ и предизвиква разклащане на самолета по крен. Контурът работи при закъснения, характерни за полет извън зоната на пряка видимост. Автопилотът е изключен. Процесът е на границата на колебателната устойчивост за контура за управление.



Фиг. 3-б. Наклон на самолета при опит да се парира смущение по крен в комбиниран режим от пилота по принципа "чрез автопилот" с коефициент на усилване $K_{пилот_крен} = 0.452$ (критичен за условия на ръчно пилотиране). Автопилотът е включен. Контурът работи при закъснения, характерни за полет извън зоната на пряка видимост. Автопилотът изпреварващо парира колебанията. Критичният коефициент на пилота в комбиниран режим е около 2.205.



Фиг. 4-а. Нормално претоварване на самолета при опит да се парира смущение по тангаж от пилота с критичен коефициент на усилване $K_{кр_тангаж} = 0.38$. Автопилотът е изключен, полетът е извън зоната на видимост, закъснението в контура за управление е 1.4s (по 0.7s на входа и изхода в модела на пилота). Процесът е на границата на колебателна устойчивост.



Фиг. 4-6. Нормално претоварване на самолета при опит да се парира смущение по тангаж (в диапазона $\pm 10^\circ$) от пилота в **комбиниран режим** с коефициент на усилване $K_{\text{пилот тангаж}} = 0.38$, по принципа “чрез автопилот”. **Автопилотът е включен, полетът е извън зоната на видимост, закъснението в контура за управление е 1.4s (по 0.7s на входа и изхода в модела на пилота-оператор).** Процесът е устойчив. Критичният коефициент на пилота в комбиниран режим е около 0.84.

Отсъствието на колебателна неустойчивост показва **положителната роля на автопилота и на комбинирания режим** по принципа “чрез автопилот” като едно от средствата за решаване на проблемите на управлението. Автопилотът поради оптимизираната структура на командите си и бързодействието успява да парира сам смущенията и осигурява “по-комфортни” условия за работа на пилота-оператор.

Дори при много груби действия на оператора по крен (с отклонение на лоста за управление в диапазона $\pm 45^\circ$ по синусоидален закон) при комбиниран режим на управление “чрез автопилот”, самолетът се колебае по крен не повече от $\pm 45^\circ$. Дори ако операторът задържи лоста за управление на пулта в крайно положение за команда по крен, самолетът остава в стабилизирания от автопилота наклон от $+45^\circ$ или -45° . В ръчен режим на пилотиране при такава команда самолетът се върти непрекъснато около надлъжната ос и спираловидно се снижава. Операторът в комбиниран режим на управление извън зоната на видимост не може да обърне самолета по гръб дори при най-груби команди и грешки. Това е много важен фактор на безопасността на полета в полза на управлението в комбиниран режим по принципа “чрез автопилот”.

Анализът на моделираните ситуации показва, че е целесъобразно да се въведе ограничение за оператора в канала за управление по тангаж защото самолетът трябва да се предпази от излизане на околкритични ъгли на атака при груби действия на оператора с лоста за управление. В комбиниран режим на управление по тангаж по принципа “чрез автопилот”, в район извън зоната на видимост, основната работа в надлъжното управление се извършва от автопилота. За корекции по тангаж на оператора са достатъчни $\pm 5^\circ$. Това прави безопасен полета и по ъгъл на атака. Ако операторът задържи в крайно положение лоста “по тангаж-на кабриране”, самолетът не излиза на критичен ъгъл на атака и на разрушаващи претоварвания. Отклонение от -5° на лоста (на кабриране) в автопилота се въвеждат като програма за увеличаване на тангажа с 5° и дават възможност на оператора да приведе самолета в набор на височина с вертикална скорост от $V_y = 2.5 \text{ m/s}$. Ако операторът продължително време колебае лоста за управление по синусоидален закон в ограничения диапазон от $\pm 5^\circ$, самолетът повтаря колебанията, но без да излиза на критични режими по ъгъл на атака и претоварване.

Управлението в комбиниран режим “чрез автопилот” с ограничения на оператора обезопасява полета от колебателна неустойчивост и излизане на критични режими, но предявява много високи изисквания към надеждността на автопилота. Полет без автопилот извън зоната на пряка видимост е невъзможен.

Чрез моделиране е проверена възможност за корекции на програмираната траектория чрез команди от оператора с определена продължителност и постоянно отклонение на манипулатора при включен автопилот (комбиниран режим).

Най-важният извод от моделирането е, че за точно пилотиране в ръчен режим при полети извън зоната на видимост, пилотът-оператор следва да намали коефициента си на усилване около 3...4 пъти по двата канала спрямо коефициентите на усилване при пилотаж в условия на пряка видимост, за да се запази устойчив контура за ръчно управление. Това е много трудна задача за оператора, който е лишен от всякаква друга информация, освен индикация за крен и тангаж. Практически е невъзможно операторът бързо да се адаптира.

Целесъобразно е при полет извън зоната на видимост да се лети в комбиниран режим на управление като операторът въвежда само корекции със задържане на лоста в крайни положения за определено време и да не се стреми към точно пилотиране. Такъв тип управление се оказва най-

добро за изменение на траекторията в хоризонтална плоскост, когато пилотът не се намесва за корекции в надлъжното управление (тази задача е поверена само на автопилота). В такава постановка е по-целесъобразно от оператора да се следи не крена и тангажа, а траекторията на полета в хоризонтална плоскост и да въвежда корекции чрез отклонения на манипулатора за определено време. Командата от оператора е с продължителност на управляващите импулси, в зависимост от резултата, който се следи по визуализираната траектория върху карта на местността (или по изображението получено от камерите на борда). Проверени са подобни режими в типови пространствени маньоври. Подобен тип “препрограмиране на автопилота от оператора” по курса е предвидено в съществуващите съвременни автопилоти за полети на безпилотни самолети извън зоната на пряка видимост.

Проверена е идея за управление от пилота-оператор в условия на полет извън зоната на пряка видимост по принципа, условно наречен **“управление чрез модел”**, при който реалният апарат повтаря движенията на модел, управляван в затворен контур без закъснение от оператора. Моделираните ситуации потвърждават работоспособността на такъв метод и резултатите са - устойчиво управление при всички условия без промяна на навиците за ръчно пилотиране на оператора.

Литература

1. Б ю ш г е н с Г., Р. С т у д н е в. Динамика продольного и бокового движения. “Машиностроение”, Москва, 1979г.
2. Д е н и с о в В., В. О н и щ е н к о. Инженерная психология в авиации и космонавтике, изд. Машиностроение, 1972г.
3. М и х а л е в И., Б. О к о е м о в, И. П а в л и н а, М. Ч и к у л а е в, Н. Э й д и н о в. “Системы автоматического управления самолетом – методы анализа и расчета.” “Машиностроение”, Москва 1971.
4. Р о с т о п ч и н В. Безпилотные авиационные системы. Интернет - AVIA.RU - Авторское.
5. Ч и с т я к о в Н. Что такое ДПЛА (рассуждения). Интернет - AVIA.RU - Авторское.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ПЛАТФОРМЕНИ И БЕЗПЛАТФОРМЕНИ ИНЕРЦИАЛНИ НАВИГАЦИОННИ СИСТЕМИ ЗА ТЪРСЕНЕ НА ВЪГЛЕВОДОРОДИ В МОРСКИЯ ШЕЛФ

Палмира Панова, Петър Гецов

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: ppanova@space.bas.bg;
director@space.bas.bg

Ключови думи: Аерогравиметрия, БИНС, въглеводороди

Абстракт: Аерогравиметрията използва както аеро морски гравиметри поставени на стабилизирана платформа за скаларната гравиметрия така и ИНС и основно безплатформената ИНС за скаларна или векторна гравиметрия, при която се използват три акселерометъра, които заместват гравиметъра. И в двата случая разделянето на гравитационните и инерциалните ускорения от системите е съществено за определяне на гравитационното поле.

Аерогравиметрията е ефективен и приложим метод за комерсиални изследвания с висока разделителна способност на петролни залежи. Изискваната точност и разделителната способност за аерогравиационните измервания за търсене на въглеводороди са съответно 1 mGal за 1 km или по-добри. Това включва едновременно подобряване на точността и разделителната способност на измервателните системи така че търсените показания да съответстват на изискванията за точност и разделителна способност.

PLATFORM AND STRAPDOWN INERTIAL NAVIGATION SYSTEMS USE FOR HYDROCARBONS SEARCH IN SEA SHELF

Palmira Panova, Petar Getsov

Aerospace Control systems, Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ppanova@space.bas.bg;
director@space.bas.bg

Key words: Aerogravimetry, SINS, hydrocarbons

Abstract: Aerogravimetry uses air-sea gravimeters placed on a gyrostabilized platform for scalar gravimetry and also INS and basically SINS for scalar or vector gravimetry which uses three accelerometers replaced the gravimeter. In both cases the separation between gravitation and inertial accelerations from the systems is important for gravity field determination.

Aerogravimetry is an effective and practical method for commercial researches with high resolution for petrol deposits. The request accuracy and resolution for aerogravitation researches is 1 mGal for 1 km or better. This includes at the same time improving of systems so the research values to correspond of the accuracy and resolution requirements.

Аеро гравиметрията комбинира две навигационни системи за измерване на гравитационното поле на борда на пилотируем и безпилотен летателен апарат (БЛА)- инерциална навигационна система (ИНС) и глобална спътникова навигационна система GPS. Аерогравиметрията използва както аеро-морски гравиметри поставени на стабилизирана платформа за скаларната гравиметрия така и ИНС и основно безплатформената ИНС за скаларна или векторна гравиметрия, при която се използват три акселерометъра, които заместват гравиметъра.

Ускоренията дължащи се на движението на самолета се измерват със сигнали от глобалната спътникова навигационна система GPS. Разликите между измерените две ускорения се дължи на влиянието на гравитационното поле. По- ниската скорост на полет води до по- висока разделителна способност на стойностите на гравитационното поле, като е необходимо също да се поддържа ниска височина на полет.

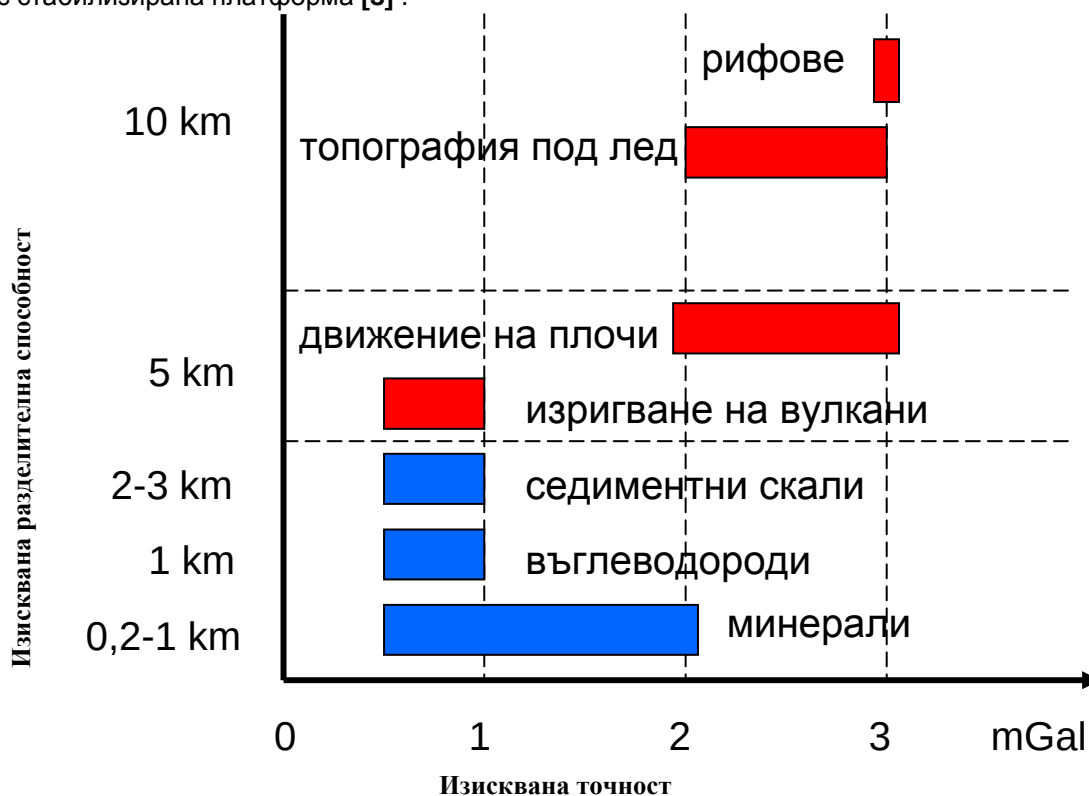
Основните предимства и недостатъци на ИНС и DGPS, както и на комбинирането на двете системи са показани в **табл.1 [1]**. Всичките нови системи, които са разработвани през последните 15 години са на основата на интегрирането на ИНС и DGPS.

Таблица 1

ИНС	DGPS
➤ Високоточно определяне на координати и скорост за кратък период от време ➤ Информация за височината на полет ➤ Намаляване на точността с времето ➤ Високоскоростно на получаване на изходни данни ➤ Автономна система ➤ Без прекъсване по време на работа при получаване на данни ➤ Влияе се от гравитационните сигнали	➤ Високоточно определяне на координати и скорост за дълъг период от време ➤ Информация за височината на полет със смущения (с използване на много GPS антени) ➤ Постоянна точност, непроменяща се във времето ➤ Нискоскоростно на получаване на изходни данни ➤ Неавтономна система ➤ Възможно прекъсване на непрекъснато следене на даден обект ➤ Не се влияе от гравитационни сигнали

ИНС/ DGPS
➤ Високоточно определяне на координати и скорост ➤ Точно определяне на височината на полет ➤ Високоскоростно получаване на данните ➤ Получаване на навигационни данни при прекъсване на сигнала от GPS ➤ Определяне и корекция на възможно прекъсване на следене на даден обект ➤ Определяне на гравитационния вектор

На **фиг.1** са дадени изискванията за точност и разделителна способност за гравитационни измервания от безплатформена ИНС (височина на полета около 300 m и скорост 200 km/h) за различни геофизични и геоложки приложения [2]. Използват се три типа инерциални системи за измерване на гравитационното поле в полет: безплатформена инерциална навигационна система БИНС, демпфирана двuosна инерциална платформена система и инерциална навигационна система ИНС със стабилизирана платформа [3].



Гравиметрите по принцип са много чувствителни уреди, много скъпи и при измервания трябва да са абсолютно неподвижни, поради което е необходимо те да бъдат поставяни на жиростабилизирани платформи. При транспортиране и работа с един гравиметър трябва да се избягват удари и големи температурни разлики. Разликите в температурата и налягането, както и приливните вариации, водят до дрейф на гравиметъра. Основният източник на грешки в много случаи е недостатъчното стабилизиране на платформата.

Самолетният градиентометър като абсолютен прибор може да отрази подповърхностните плътностни разлики. Градиентометърът GGI на компанията Локхийд Мартин е единственият прибор, който се използва при наземни, морски и самолетни измервания. Базира се на двойки акселерометри поставени на хоризонтален въртящ се диск. Това е и недостатъкът, тъй като са произведени само няколко градиентометри единствено от компанията Локхийд Мартин използвани за измерване от борда на самолет и те са на много висока цена.

Затова от борда на самолет или хеликоптер с БИНС от измерената гравитационна аномалия могат да се изчислят вторите производни на гравитационния потенциал V_{xz} и V_{zz} .

Важен принос от използването на ИНС за гравитационни измервания в полет е разделянето на гравитационното ускорение от инерциалното както и систематичните грешки. Инерциалното ускорение може да се отдели от измереното ускорение от ИНС с използване на различна система като GPS. Разделянето между гравитационното ускорение и систематичните грешки от ИНС се постига с внасянето на външна информация, т.е. ZUPT (Zero velocity update). Чрез периодично спиране на движещия се самолет, за да се контролират неизвестните систематични грешки чрез обратно подаване към системата на информация за начална скорост. Въпреки че методът е бил използван успешно в много случаи, все още е недостатъчно ефективен и доста скъп за комерсиални проучвания над обширни области. Този метод не може да се използва в зони особено недостъпни за превозни средства като морски зони, пустини или планини. Очевидно друг начин за определяне на инерциалната скорост и координати е с използването на подвижни и специално гравитационни изследвания от борда на самолет [4].

Скаларната гравиметрия използва датчик за определяне на сумата от гравитационните и инерциалните ускорения на борда на самолет и вертикална позиционираща система- радар или лазерен алтиметър или GPS приемник, която самостоятелно да определя ускоренията. На практика проблем е разделянето на гравитационното ускорение от негравитационните ускорения на самолета. Тези негравитационни ускорения могат да бъдат по- големи от гравитационния сигнал от 100 до 1000 пъти. Това разделяне е възможно само с високоточни DGPS данни заедно с подходящо нискочестотно филтриране [3].

Използване на метода на скаларната гравиметрия включва модифициран аеро-морски гравиметър (La Coste & Romberg, Bell) с **демпфирана двuosна платформа** монтирана на самолет или на хеликоптер, ориентиран във вертикално направление. Скаларната гравиметрия има значителни предимства по отношение на точността през последните петнадесет години. Аеро гравиметрията използваща двuosни платформени системи е стандартен метод за получаване за гравитационни изследвания с ниска и средна разделителна способност (от 6-10 km и повече). Системи от такъв тип са подобрявали точността си от средата на 1990-тите години от 5 mGal с разделителна способност 10 km до 2 mGal с разделителна способност 6 km [5]. Модифицираните морски гравиметри, които се използват в тези системи включват La Coste & Romberg, Bell aerospace и ZLS гравиметри и струват над US\$ 400 000. Водещи компании и департаменти, които използват такива системи за проучване са такива като американската Naval Research Laboratory (NRL), Swiss Federal Institute of Technology, British Antarctic Survey, Geodetic Survey Division of Geomatics Canada, компаниите Carson Services, Inc., EDCON Aero Surveys Inc. и Fugro-LCT.

Други по- съвременни приложения на скаларния метод е използването на **инерциална платформена навигационна система** като стабилизатор за отделен датчик и самата система за измерване в полет на силата на тежестта [3]. Изпробването на инерциална навигационна система платформен тип ITC-2 е тествана в the Inertial Technology Center (ITC) в Москва в сътрудничество с Университета в Калгари, Канада и Canagrav Research Ltd. показва, че може да се постигне точност от 1 mGal с разделителна способност от 2-3 km [6]. Друга такава система е разработена от Sander Geophysics Ltd. в периода от 1990 до 1999 и се нарича AIRGrav. Разходите за разработването и модифицирането на такива системи обикновено струва значително. И двете системи са разработени за комерсиални изследвания на аномалното гравитационно поле със средна и висока разделителна способност с точност от 0.5-1.5 mGal.

За разлика от стабилизираните системи при безплатформените няма физически стабилизиране на платформа. Вместо това инерциалните датчици са прикрепени физически към корпуса на самия самолет така че измерваните стойности в координатната система $x_1y_1z_1$ свързана със самолета се преобразуват изчислително в $\xi\eta\zeta$. Предимствата на безплатформените инерциални навигационни системи БИНС пред платформените са по- малкият им размер, захранвани мощности, опростяване

на системата, отсъствие на ограничения по ъгли на завъртане в пространственото положение на самолета, повишена универсалност и приспособимост на системата, възможност за поставяне на обекта на повече от един измервателен блок [7]. Измерванията извършвани с БИНС са сравними с тези на аеро-морски гравиметър. Освен това безплатформените инерциални системи лесно се комплексират с другите навигационни прибори.

За първи път Университетът в Калгари, Канада през 1991 използва датчици измерващи силата на тежестта в **безплатформени ИНС**. Такива системи са малки като размер, подходяща е за изследване над морски зони като навигационни системи, не изискват допълнителни модификации и струва между US\$ 90 000 и 160 000. Безплатформената ИНС може да определя на гравитационното поле в полет с висока разделителна способност с достигне на точност от 1.5 mGal с разделителна способност 4 km и 2.5 mGal с разделителна способност 2.8 km [8].

През 1998 са проведени 3 полетни теста над Диско Бей в морските зони по западното крайбрежие на Грийнланд за провеждане на измервания с LCR аеро-морски гравиметър, една безплатформена ИНС Honeywell LRF III за сравняване на получените гравитационни измервания и една тройка ортогонални акселерометри QA-3000. Височината на полет е около 300 m и средната скорост на полета е 250 km/h. Някои от полетните линии са направени над профили с известни гравитационни стойности измерени на борда на кораб за сравняване. Два двучестотни GPS приемника са монтирани на фюзелажа на самолета. Разликата между инерционното ускорение и ускоренията от точното позициониране на GPS дава търсеното ускорение на силата на тежестта. В безплатформените ИНС за измервания над морски зони може да се използва тройка Q-flex акселерометри, измерващи ускорения по трите си ортогонални оси. Тези датчици имат добър потенциал за гравитационни измервания и се използват за измерване на ускорения от всякакъв вид. За по- променлива и динамична среда те са много подходящи заради по- големият им температурен диапазон и ударни и вибрационни параметри.

Показанията от тройката акселерометри не са снети през първия ден. Показанията от LCR гравиметъра и БИНС се филтрират с нискочестотен филтър с период 200 s. Резултатите от полетните тестове показват, че измерените показания са с точност 2-3 mGal след отстраняване на линейните отклонения и тази стойност е близо до нивото на шума общо и за двете системи. Комбинирането на дрейфовата стабилност на LCR гравиметъра с високия динамичен диапазон и по-високата разделителна способност на БИНС би била идеалната аеро гравиметрична измервателна система.

Безплатформената ИНС (БИНС) и GPS системите се използват съвместно за определяне на измерванията във времето и пространството от измервателните датчици. Крайната цел е познаването на координатите и височината (т.е. ориентацията) на измерваните обекти по отношение на една известна и използвана координатна система. За съжаление точността на данните за относителните координати измерени от БИНС е много добра за кратък период от време, но преобладават дългопериодичните грешки (дрейфовете). Това означава, че е необходимо използването на GPS, която да предоставя точно измерване на абсолютното местоположение и скорост на самолета, особено за дълъг период от време.

Използват се и няколко инерциални измервателни блока (inertial measurement units (IMU)), които да покриват целият диапазон от измервателни характеристики и точност и са представени съответно техните цени, за да се даде по- ясна представа за развитието и приложенията на инерциалните навигационни системи за проучвателни цели. Измервателната система (т.нар. TAG система) е с приспособима конфигурация за добавяне на нови датчици и за модификация за нови приложения. Такава система е универсална - широк диапазон за различни приложения и използване на различни измервателни датчици, приспособима - способността на системата да включва нови датчици и други методи за измерване и преносима- поставяне на системата на различни платформи и при различни атмосферни условия с минимални модификации или без изменения, извършване на реални полетни тестове на измервателната система за приложения за търсене и проучване на петролни залежи, провеждани при различни условия [9].

Системата може да работи с различни датчици по едно и също време (**GPS приемник + няколко IMU**), като са дадени 4 различни по класове и характеристики IMU. Преди използването на данни от инерциалните блокове е необходимо те да се калибрират, тъй като калибрирането намалява отклоненията в измерванията на датчиците.

Systron Donner MPK2 - Инерциален измервателен блок нисък клас с три микромеханични кварцови датчици на ъглова скорост и три серво акселерометри.

iMAR Navigation iVRU-SSK - Също инерциален блок нисък клас между MPK2 и LN200. Използва се за приложения в реално време и за стабилизиране състоящ се също от три микромеханични кварцови датчици на ъглова скорост и три серво акселерометри.

Northrop Grumman LN-200 - Този инерциален измервателен блок е с тактическо предназначение за управление с три влакнесто-оптични жирокопа и три серво акселерометъра.

Използва се предимно в дистанционните изследвания и е един от компонентите на навигационните системи. Използва се на някои платформи като Predator, Global Hawk, сателитни платформи.

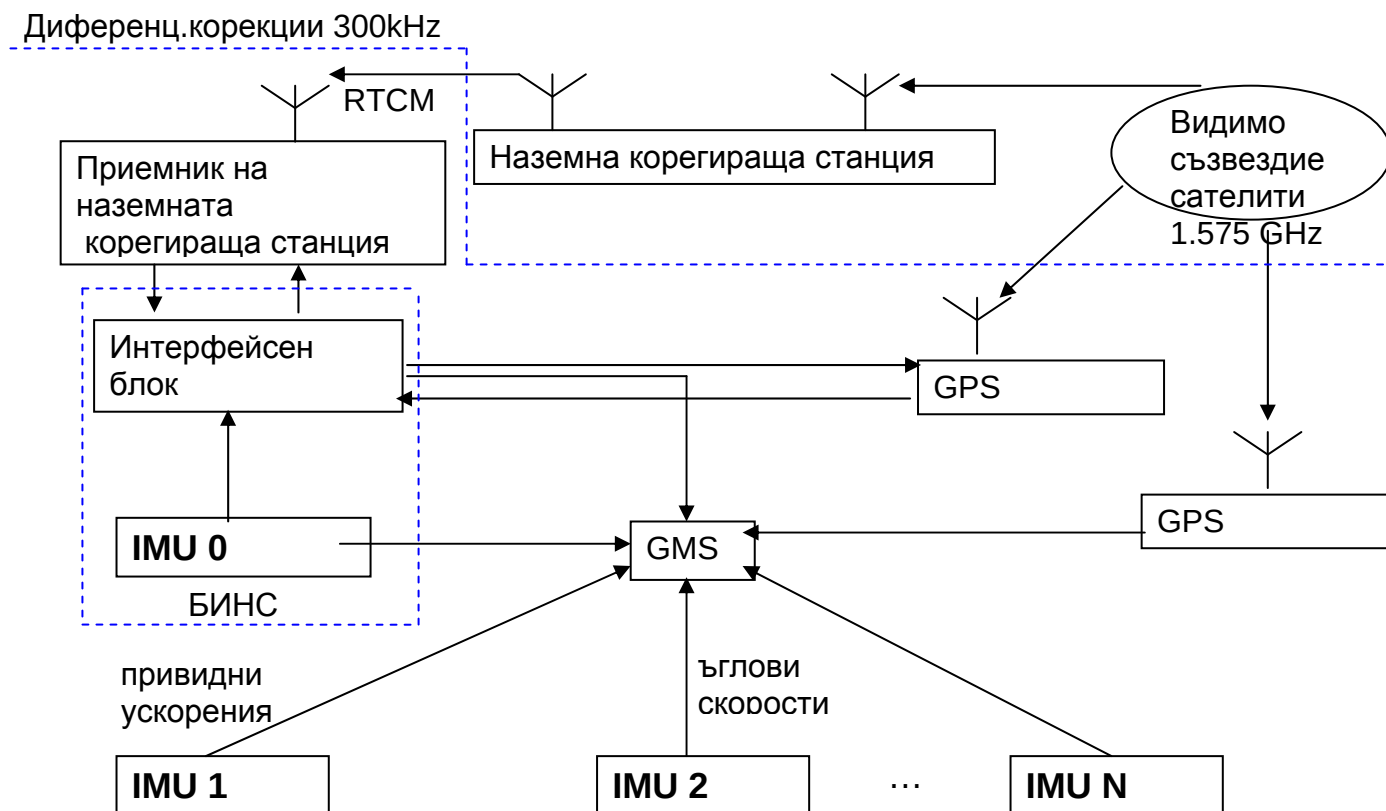
iMAR Navigation iNAV-FJI-IDEГ-001 - Съставен е от три високоточни влакнесто-оптични жирокопа и три кварцови Q-flex акселерометъра. Измервателните му характеристики го правят подходящ за всякакви цели.

Полетни тестове са направени с два LN-200 в продължение на 1 h. Сравняването на траекториите показва, че разликата в местоположението между двете навигационни решения може е в интервала около 15 метра. Това се дължи на разликите в GPS позиционирането в реално- време и последващо обработване. Измерванията са проведени в градска и извънградска среда където условията за GPS измервания не са най- добрите по отношение на видимост към сателитите, многогълчевото разпространение и т.н. Подразбира се, че последващата обработка за определяне на координатите по GPS е по- прецизна. Системата измерва данни от всичките четири IMU (LN-200, Motion Pak 2, iVRU-SSK and iNAV-FJI) за същия полет. Различни по вид датчици от различен характер и клас точност могат да се използват за различни експерименти и изследвания [9].

Друг вариант, който се използва в тази работа е да се използват няколко инерциални измервателни блока (inertial measurement units (IMU)), които да са с еднакви измервателни характеристики и точност. За да се изследват показания на акселерометри, поставени на самолет, извършващ полет в указания диапазон от височини и скорости, като от тях се отделят инерционните съставки и останат измервания само за гравитационното поле се предполага решаване на задача, обратна на навигационната. В инерциалните навигационни системи от показания на акселерометри се отделя нормалното гравитационно поле, чрез негов математически модел и след интегриране на инерционните съставки се определят скорости и местоположение на летателния апарат. Обратно, ако разполагаме с точна информация за скорости и местоположение на летателния апарат (каквото дава използването на GPS в диференциален режим на работа), то чрез математически модел можем да отделим от показанията на акселерометрите инерционните съставки, за да останат само гравитационни измервания.

Използване на множество акселерометри предполага по-ниски изисквания за тяхната точност при използване на подходящ метод за отделяне на полезния сигнал от гравитационното поле. Същевременно налага привличането на датчици за определяне на ъгловата ориентация на самолета, както и необходимостта от отделяне на втория тип инерционни съставки.

Техническата система, предназначена да решава поставената задача ще наричаме гравитационна измервателна система (GMS - Gravitation Measurement System) (**фиг.2**).



Фиг. 2

В района на провежданите измервания работи наземна корегиреща станция с известни геодезически координати: ширина B_e , дължина L_e , височина над елипсоида h_e , височина над геоида H_e . По информацията получавана от нея и от приемник на спътникови сигнали, на борда на самолет ще считаме, че **през интервали от една секунда** са известни следните параметри на движение на центъра на маса на самолета:

$B_k, L_k, h_k (X_k, Y_k, Z_k)$ - геодезически полярни или декартови координати;

$W_{Ek}, W_{Nk}, W_{\zeta k}$ - източна, северна и вертикална пътни скорости;

както и ψ_k, t_k - истински курс и време.

На борда на самолет (хеликоптер) са поставени:

- приемник на сигнали от наземна корегиреща станция;
- два приемника на сигнали от GPS спътници, притежаващи възможност за работа в диференциален режим;
- Блок за управление.

Управляващ блок на GPS приемниците, управляващ блок за IMU.

Изходните сигнали от инерциалния измервателен блок са: $\psi, \psi_a, \gamma, \vartheta$ - истински и жирокопически курс, крен и тангаж; $a_{x1}, a_{y1}, a_{z1}, a_\xi, a_\eta, a_\zeta$ - показанията на акселерометри; $\varpi_\xi, \varpi_\eta, \varpi_\zeta$ - абсолютни ускорения, абсолютни V_ξ, V_η, V_ζ и пътни W_ξ, W_η, W_ζ скорости на центъра на маса на самолет спрямо земната повърхност и вертикалната скорост; h, B, L - координати на самолета (височина, геогр. ширина и дължина в навигационна координатна система); азимут A , абсолютни $\omega_\xi^a, \omega_\eta^a, \omega_\zeta^a$ и относителни $\omega_\xi, \omega_\eta, \omega_\zeta$ ъглови скорости на опорен навигационен базис; абсолютни $\omega_{x1}^a, \omega_{y1}^a, \omega_{z1}^a$ ъглови скорости на самолет [10].

- Блок за синхронизиране по време.
- Интерфейсен блок за измерване и обработка.
- Захранващ блок – поддържане на управляващия блок и на датчиците с необходимата мощност и захранване, необходими за измерването и обработката.
- Контролер на GMS за решаване на задачата по гравитационните измервания.

Навигационната задача се решава от интерфейсния блок по информацията от DGPS и инерциалния блок, монтиран в центъра на маса. По този начин на борда разполагаме, освен с скорости и местоположение на центъра на маса и с навигационен базис $\xi\eta\zeta$. Наличието на информация от наземната станция за истински курс, предполага изчисляването на неговия азимут, следователно и изчисляване на ориентацията му по геодезическия репер $J_1 J_2 J_3$ (Изток, Север, вертикала). Спрямо навигационния базис $\xi\eta\zeta$ и измервания постъпващи от инерциалните измервателни блокове е възможно да се изчисляват ъглите на крен, тангаж, истински курс и техните производни. Това е необходимо, за да се извадят от показанията на акселерометрите инерционните смущения от ъглови скорости и ъглови ускорения на самолета.

Показанията от акселерометрите в допълнителните блокове се събира, обработва и сравнява в контролера на GMS с тази от навигационния контролер. Изчистените от динамични поправки показания на акселерометри се привеждат към $J_1 J_2 J_3$ и заедно с координатите и времето на измерване се записват в архивиращо устройство.

Изводи

Аеро гравиметрията комбинира две навигационни системи за измерване на гравитационното поле на борда на пилотируем и безпилотен летателен апарат (БЛА)- инерциална навигационна система (ИНС) и глобална спътникова навигационна система GPS. Аерогравиметрията използва както аеро-морски гравиметри поставени на стабилизирана платформа за скаларната гравиметрия така и ИНС и основно безплатформената ИНС за скаларна или векторна гравиметрия, при която се използват три акселерометъра, които заместват гравиметъра.

За разлика от стабилизираните системи при безплатформените няма физически стабилизиране на платформа. Предимствата на безплатформените инерциални навигационни системи БИНС пред

платформените са по-малкият им размер, захранвани мощности, опростяване на системата, отсъствие на ограничения по ъгли на завъртане в пространственото положение на самолета, повишена универсалност и приспособимост на системата, възможност за поставяне на обекта на повече от един измервателен блок. Измерванията извършвани с БИНС са сравними с тези на аероморски гравиметър. Освен това безплатформените инерциални системи лесно се комплексират с другите навигационни прибори.

Могат да се използват няколко инерциални измервателни блока, които да са с еднакви измервателни характеристики и точност. Предполага се решаване на задача, обратна на навигационната. Ако разполагаме с точна информация за скорости и местоположение на летателния апарат (каквото дава използването на GPS в диференциален режим на работа), то чрез математически модел можем да отделим от показанията на акселерометрите инерционните съставки, за да останат само гравитационни измервания. Използване на множество акселерометри предполага по-ниски изисквания за тяхната точност при използване на подходящ метод за отделяне на полезния сигнал от гравитационното поле.

Предполагат се някои изисквания при провеждането на полетните линии, тъй като повишаването на скоростта на самолетите предизвиква бързи изменения на силата на тежестта, при което вертикалните инерционни ускорения и ускорението на силата на тежестта стават честотно неразделими, ето защо при преминаване над зоната на проучване самолета трябва да се движи с ниска скорост и ниска височина, които да се поддържат постоянни, както и вземане под внимание на подходящи атмосферни условия на полет.

Въздушните подвижни платформи за гравитационни измервания в движение включват самолети, хеликоптери и безпилотни летателни апарати (БЛА)- безпилотни самолети и безпилотни хеликоптери. Изискванията за избор на даден тип самолет за провеждане на аеро гравиметрични измервания трябва да отговарят на няколко изисквания. Предимство при хеликоптерите е, че могат да летят с ниска скорост и на ниска височина. Хеликоптерите са подходящи подвижни платформи за изследване при отдалечени и недостъпни зони- големи крайбрежни зони, морски зони отдалечени от сушата, при турбулентията на горещи пустинни условия и т.н Най-важните условия за гравитационни измервания от борда на хеликоптер са устойчивост и стабилност на полета, минимални механични вибрации, точното позициониране и устойчивост на влиянията от хоризонталните ускорения.

Безпилотните самолети и хеликоптери предлагат на петролните компании една алтернатива за получаване на аерогеофизични измервания при изследване в морски зони и отдалечени области. Маневрени и с устойчиво движение, безпилотните хеликоптери са отлични подвижни платформи за мониторинг при поява на нефтени петна на морската повърхност от разливи и от танкери, изтичания от нефтопровода, както и суров петрол от морското дъно. Могат да се пилотират дистанционно чрез телеметрия от наземна станция или да имат автономно управление с използване на бордова GPS навигационна система.

Литература:

1. Air1/ K o c m a n S., GPS and INS Integration with Kalman Filtering for Direct Georeferencing of Airborne Imagery, Germany, 2003.
2. Air1/ K e n n e d y, S a n d r a L. Acceleration estimation from GRS carrier- phase for airborne gravimetry, Canada, 2002.
3. J o h n H a n n a h, AIRBORNE GRAVIMETRY: A STATUS REPORT, University of Otago, New Zealand 2001
4. P a n o v a P. The INS prospects for in flight gravitational measurements, International Conference 2005,Varna, Bulgaria, (In English).
5. F o r s b e r g R., A.V. O l e s o n, K. K e l l e r (1999) Airborne Gravity Survey of the North Greenland Shelf, Technical Report 10,Denmark.
6. С а л ы ч е в О.С., В о р о н о в, В.В. Л у к ь я н о в. Применение инерциальных навигационных систем в геодезии, Гироскопия и навигация №2 (29),2000
7. М а д ж а р о в А.Н. Жироскопи и инерциални навигационни системи, ВВБУ 'Г.Бенковски' Долна Митрополия, 2000.
8. B r u t o n A.M. Improving the Accuracy and Resolution of SINS/DGPS Airborne Gravimetry, 2000 Ph.D. Thesis, Calgary, Alberta.
9. W i s M., L. S a m s ó, E. A i g n e r, I. C o l o m i n a. Present achievements of the experimental navigation system TAG, Spain, 2004.
10. G a j d a K., J. N a r k i e w i c z. Development and Application of INS Unit in Helicopter Flight Tests, Poland, presented in AHS 58th Annual Forum and Technology Display Canada, 2002.

DETECTOR FOR ROCKET MEASUREMENTS OF THE DIRECT SOLAR LYMAN-ALPHA RADIATION

Veneta Guineva¹, Georg Witt², Jorg Gumbel³, Mikhail Khaplanov³, Rolf Werner¹, Jønas Hedin³,
Slaveyko Neychev⁴, Boyan Kirov⁵, Luydmil Bankov¹, Pavlin Gramatikov⁴, Veselin Tashev¹,
Mikhail Popov¹, Kenneth Hauglund⁶, Gudmund Hansen⁶, Jørgen Ilstad⁶, Halgeir Wold⁶

¹Solar-Terrestrial Influences Laboratory - Bulgarian Academy of Sciences, Stara Zagora Department

²Department of Earth Sciences, The Hebrew University (HUJI), Jerusalem, Israel;

³Atmospheric Physics Group at the Department of Meteorology (MISU), Stockholm University

⁴Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

⁵Solar-Terrestrial Influences Laboratory - Bulgarian Academy of Sciences

⁶Andøya Rocket Range, Andenes, Norway

e-mail: v_guineva@yahoo.com

Key words: Lyman-alpha detector, direct solar radiation, rocket measurements

Abstract. The detector of solar Lyman-alpha radiation, manufactured in the Stara Zagora Department of the Solar-Terrestrial Influences Laboratory (STIL) is designed for rocket measurements. Its basic part is an ionization camera, filled in with NO. A 60 V power supply is applied to the chamber. The produced photoelectric current from the sensor is fed to a 2 channels amplifier, providing analog signal.

The characteristics of the Lyman-alpha detector were studied. It passed successfully integration test in the HotPay I payload, test of the 4 channels (2 data channels and 2 additional ones for the temperature and power supply monitoring) after connection to the TM with external and internal power, vibration and temperature tests and the results showed that the so-designed instrument could be used in rocket experiments to measure the Lyman-alpha flux.

From the measurements of the detector, the Lyman-alpha vertical profile can be obtained. The forthcoming scientific data analysis could include radiative transfer simulations, O₂ density, atmospheric power and temperature profiles retrieval as well as co-analysis with other parameters, measured at the same time and study of the processes in the examined region.

The detector design appertained to ASLAF project (Attenuation of the Solar Lyman-Alpha Flux), a scientific cooperation between STIL-Bul. Acad. Sci., Stara Zagora Department and the Atmospheric Physics Group at the Department of Meteorology (MISU), Stockholm University, Sweden. The joint project was part of the rocket experiment HotPay I, in the ALOMAR eARI Project, EU's 6th Framework Programme, Andøya Rocket Range, Andenes, Norway (Project HP11_VeGi).

The project is partly financed by the National Science Fund, Bulgarian Ministry of Education and Science (Project NoNZ-1515/05).

Introduction. The Lyman-alpha (L_α) radiation is of great importance of the atmosphere. It influences all the processes in the mesosphere and near the mesopause. The object of this paper is to describe an instrument, the Lyman-alpha detector (ASLAF) designed for measurements of the direct L_α radiation penetrating in the atmosphere, during the HotPay I experiment. The HotPay project is a part of the ALOMAR (Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research) eARI Project of Andøya Rocket Range (ARR), Andenes, Norway, through EU's 6th Framework Programme. Two rocket launches have been envisaged: HotPay I and II. Studies of the middle atmosphere in the 60 – 110 km altitude range (HotPay I) and of the ionosphere and the aurora up to 300 km height (HotPay II) have been planned. A number of projects have been approved for the two rocket launches. The project ASLAF (Attenuation of the Solar Lyman-Alpha Flux) was one of these projects. It has been approved for the summer launch HotPay I in 2006. ASLAF was a joint project, based on the scientific cooperation between the Solar-Terrestrial Influences Laboratory (STIL), Bulgarian Academy of Sciences, Stara Zagora Department and the Atmospheric Physics Group at the Department of Meteorology (MISU), Stockholm University, Sweden.

The HotPay1 was launched July 1st 2006, with a selected group of European scientific instruments onboard. The rocket caught unbalance and broke apart the rocket motor/payload section at flighttime about 7 – 8 seconds. The payload fell in the ocean about 80 sec. later. An external investigation was performed by DNV (Det Norske Veritas). The analyses showed that the joint between the rocket motor and the payload was weak. But housekeeping systems performed well and TM information was received from all instruments during the shortened flight. The payload was well balanced. A repetition of the HotPay I rocket experiment would give a chance to use the newly developed detector and to complete the scientific program.

Peculiarities and importance of the Lyman-alpha radiation, advantages of the rocket measurements. The basic goal of ASLAF was the measurement of the direct solar L_α radiation. The resonance transition $2P-2S$ of the atomic hydrogen (Lyman-alpha emission) is the strongest and most conspicuous feature in the solar EUV spectrum. It is one of the main characteristics of the solar radiation together with F10.7 MHz and, therefore it is the object of regular satellite and rocket measurements (Chamberlain, 1978; Marov, Kolesnichenko, 1987; Willson, 1990; Woods et al., 1995; Woods et al., 2000).

Due to the favorable circumstance, that the Lyman-alpha wavelength coincides with a minimum of the O_2 absorption spectrum, the direct Lyman-alpha radiation penetrates down to altitudes around 70 km for zenith sun (Woods et al., 1995; Kockarts, 2002).

Due to the relatively high intensity of the L_α emission and its comparatively deep penetration in the earth atmosphere it is the main source of energy deposited in the mesosphere. Therefore, the knowledge of the L_α radiation and its variation is important for many investigations of the middle and upper atmosphere (Woods, Rottman, 1997; Woods, Tobiska et al., 2000). The L_α study leads to a better understanding of the chemistry in the region mesosphere – low thermosphere, to including new chemical processes and transport mechanisms in the models. L_α influences the atmospheric structure and especially the D-region, allowing the determination of the H content in the atmosphere (Bishop, 2001; Kockarts, 2002).

Frequent in situ measurements of the L_α profile are necessary so as to understand all occurring processes in detail. For example, the origin and the structure of the noctilucent clouds (NLC), typical for the summer mesosphere at high latitudes are not yet fully clarified. It has been proposed that these clouds are the indicators of long-term changes in the upper atmosphere (Thomas, Olivero, 2001). The vertical structure of NLC, the dynamics, concentration and dimensions of the ice particles inside them are investigated (Gumbel, Witt, 1998). The generation, the evolution and the eventual sublimation of NLC, taking into account the influence of the solar L_α radiation, have been modeled and their influence on the chemistry of O_2 , O_3 and H is studied by Murray and Plane (2004). The influence of the mesospheric ionization level, connected with the changes of the solar L_α radiation and the precipitating particles has been studied. The L_α change during the solar cycle together with the increase of methane in the atmosphere leads to long-term changes in the water vapour content in the mesosphere (Chandra et al., 1997).

The L_α attenuation in the earth atmosphere is modeled for different seasons and geographical latitudes, taking into account different processes: the O_2 absorption and its temperature and wavelength dependence, the multi-resonance scattering from atomic hydrogen and the related Doppler effect by Reddmann and Uhl (2002).

Rocket sounding is the basic method to study the mesosphere and the low thermosphere. The aerodynamic effects in rocket flights have been modeled and investigated by Gumbel (2001) in order to avoid errors in rocket in situ measurements, due to perturbations, as a result of the gas flux around the rocket.

Using rocket observations of the attenuation of the solar L_α radiation, registered by ionization chambers, the pressure, density and temperature in the mesosphere can be derived by traditional methods, described by Thrane et al. (1974), Thrane, Johannessen (1975), Thrane et al. (1977), Vardavas, Carver (1984).

The interaction of the Lyman-alpha radiation with the atmospheric constituents ionises the NO molecules, thus giving rise to the ionospheric D-layer and produces the water vapour photolysis, one of the main H_2O loss processes. The Lyman-alpha radiation transfer depends on the resonance scattering from the hydrogen atoms in the atmosphere and on the O_2 absorption. Since the Lyman-alpha extinction in the atmosphere is a measure for the column density of the oxygen molecules, the atmospheric temperature profile can be calculated thereof.

The importance of the L_α penetration in the thermosphere and mesosphere as a main source of energy input and its connection with the O_2 concentration and the temperature as well with all processes in these regions is known long ago. At the same time, lots of ambiguities in our concepts for the chemical and physical processes in the mesosphere, low thermosphere and, in particular near the mesopause, have been found out. Such not fully clarified questions are, for example, the influence of L_α on the trace gases, the role of CO_2 and CH_4 on the temperature distribution, the origin and structure of NLC and the properties of their constitutive ice particles (Kockarts, 2002; Thomas, Olivero, 2001; Chandra et al., 1997; Roble, Dickinson,

1989; Thomas et al., 2003; Von Zahn, 2003). That is why the L_{α} measurements and the study of the middle atmosphere processes are important features to be investigated.

Principal scheme and functioning of the solar Lyman-alpha detector. The solar Lyman-alpha detector was designed to record the direct solar radiation flux in the EUV, at the L_{α} wavelength range, from 50-60 to 110 nm. After a preliminary agreement, the measuring device was manufactured in the Stara Zagora Department of STIL. A work model and a flying one were produced. The principal scheme of the instrument is shown in Fig.1. The EUV solar L_{α} detector had 3 basic parts: sensor, electronics and power supply. The sensor was an ionization chamber. The electronics included a pre-amplifier and a 2-stage

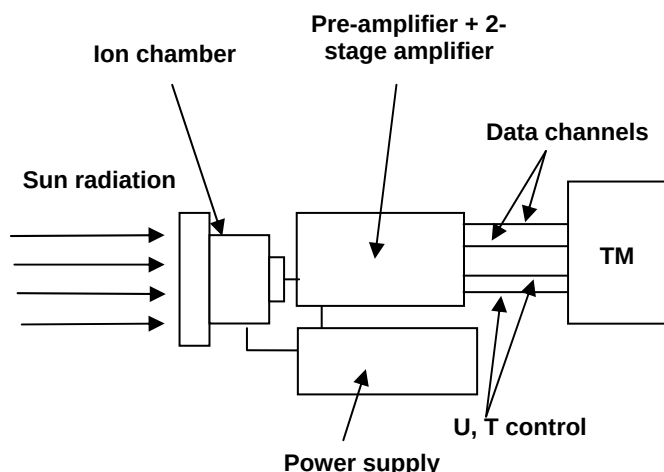


Fig. 1. Principal scheme of the Lyman-alpha detector

amplifier. The ionization chamber was filled with NO. Its window let pass the radiation that was of interest of us. The working voltage was applied to the central electrode-collector. The role of the other electrode was executed by the chamber walls. L_{α} ionized NO and thanks to the existing potential a weak current was produced. This current was amplified many times in the pre-amplifier and passed through the amplifier, where it got amplification with different coefficient in the different stages (x1 and x10). Finally the analog signal was fed to the telemetry as voltage in the range 0-5 V. Two additional channels to monitor the temperature and the power supply to the chamber were foreseen except the two data channels. The role of the power supply was to transform and fed the needed power supply to the ionization chamber and the electronics plates.

Ionization chamber. The ionization chamber is the basic element of the L_{α} detector. The principal structure of similar ionization chambers for the UV region is described, for example, in Stober et al. (1963), Carver, Mitchel (1964), Masuoka, Takanori (1974), Thrane et al., (1975). In our experiment, an ionization chamber of the Artech Corporation was used of the same kind as the one which turned to be efficient in the Thrane experiment (Thrane et al., 1975). The cell was made from copper. Its weight was about 50 g, and its maximal dimensions were diameter 30 mm, length 36 mm, and full length with the gas-filling tubule (32 mm) – 68 mm. It was furnished with MgF_2 window of 8 mm diameter and filled with NO. The spectral sensitivity of such chambers extends from 105 nm to 135 nm with a quantum efficiency Q of 40% ÷ 60% for voltages 25V ÷ 150V.

The choice of the ionization chamber position was made in accordance with the launch parameters of HotPayl. It was decided the angle between the chamber and the vertical rocket axis to be 55°, thus anticipating best illumination from the Sun.

Measurements have been carried out at MISU to specify the properties of the ionization chamber and to estimate the available power supply and NO pressure. A H lamp was used as L_{α} source. The obtained current through the ionization chamber at different conditions – power supply and pressure at the same L_{α}

flux, is shown in Fig.2. The NO pressure, corresponding to optical depth 1, was theoretically evaluated 10 mb. Work values $U = 60$ V and $p = 20$ mb were chosen. The produced current at 60 V was stable towards changes in the power supply. Possible changes of ± 1 V in the power supply were agreed. It was estimated, that at pressure 20 mb of the NO gas 86% of the penetrated L_{α} radiation in the chamber must be absorbed. At the chosen incident radiation, and U and p values the produced current reached nearly the maximal possible value.

Electronics. The electronics amplifier had to possess high quality characteristics: high sensitivity, high amplification coefficient, large dynamic range, high transformation accuracy and good stability against temperature changes. The circuitry of the electronic amplifier is shown in Fig.3.

The current from the ionization chamber passed

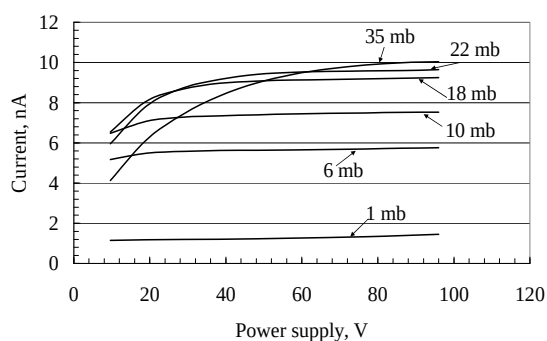


Fig.2. Current through the ionization chamber, registered at different conditions – power supply and NO pressure

through a jointly-fixed low-noise pre-amplifier (Section A1 in Fig.3). It was situated close to the ionization chamber in order to avoid the hum noises.

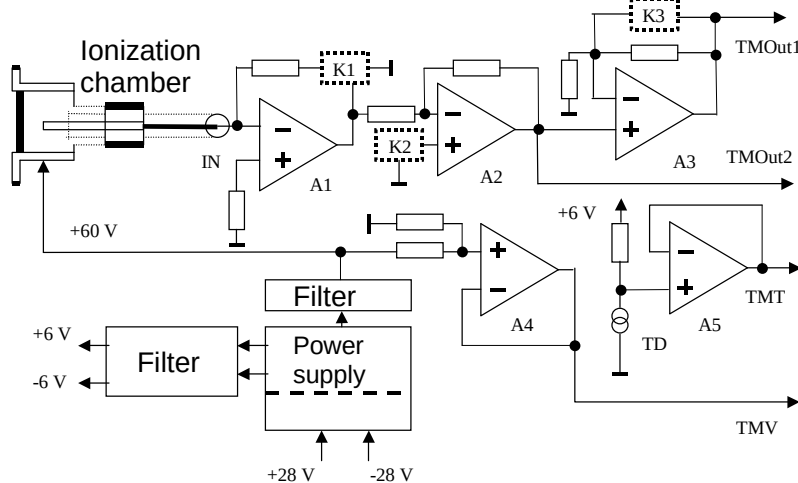


Fig. 3. Circuitry of the electronic amplifier. It consists of the following Sections: A1 - pre-amplifier and current-voltage converter; A2 – scaling and correcting amplifier; A3 – amplifies the signal 10 times; A4 – monitors the ionization chamber power supply; A5 – monitors the temperature.

elements. We decided to use 2 channels (2-stage amplifier) in order to register in detail the weaker signals. The amplifications were x1 for the 15 nA channel(Section A2 in Fig.3) and x10 for the 1.5 nA one (Section A3 in Fig.3). The two channels worked simultaneously and transferred analog signal in the range 0-5 V to the TM. A measurement frequency of 1000 Hz was envisaged. Besides, two sub-commutated channels to monitor the sensor conditions: the power at the chamber ($60V \pm 1V$) (Section A4 in Fig.3) and the temperature (Section A5), were included.

Power supply. The power supply satisfied the following requirements: it kept its full work ability at changes of the internal board power from 20 V to 34 V, the nominal board power being 28 V; ensured stabilized secondary voltages and currents: +6V/25mA, -6V/ 25mA and +60V($\pm 1V$) /1mA; the starting current amplitude in the board circuit didn't surpass 3 A; ensured galvanic denouement between the board circuit and the secondary voltages.

ASLAF design and dimensions. Most of the instruments included in the HotPayI project, were foreseen to be positioned in the nosecone, on the top deck. The Lyman-alpha detector ASLAF was on the nosecone deck, too.

The mechanics and electronics of the instrument were designed in such a way as it fitted well and completely in the small remaining free space in the nosecone. The mechanics and electronics design of the Lyman-alpha detector were made simultaneously and coordinated.

The Lyman-alpha detector ASLAF had complicated form with maximal dimensions 105x60x90 mm and weight 498 g. Its compactness and low weight make it expedient for rocket measurements. The final appearance of ASLAF is presented in Fig.4.

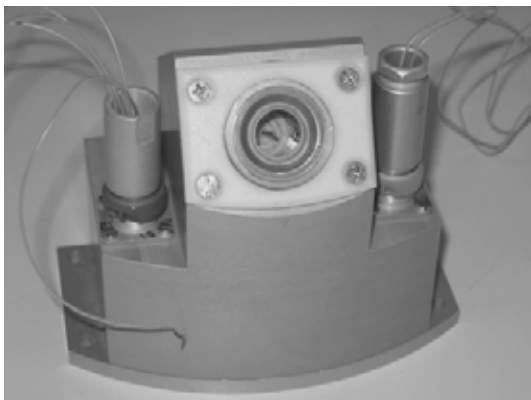


Fig. 4. Final design of the Lyman-alpha detector

According to the final design of ASLAF, the instrument body was produced from monolithic piece of aluminium, ensuring maximal strength of the construction. The whole instrument, including the amplifier and the power supply, was held in one box in the purpose to avoid the noise. The box form was chosen in such way, that the whole free space of the circle (the upper deck) was used. The ionization chamber was situated perpendicularly to the neighbour instrument, under 55° towards the vertical rocket axis. This assured 180° field of view and the maximal possible illumination by the Sun at every rocket spin. The components inside the instrument body were situated in such a way, that the output of the ionization chamber was connected directly to the entrance of the electronics amplifier in order to avoid the induced noise. The electronics plates were shielded, grounded and electrically isolated from the instrument body to avoid external noise. The ionization chamber was isolated from the plates

shields and the instrument body, too.

A work and a flying model of the Lyman-alpha detector ASLAF were produced. The work model was used for the first test and calibrations, and conclusions how to improve its parameters were taken. The decisions were applied to the flying model, and very good results were obtained.

Characteristics of the Lyman-alpha detector. The ionization chamber is sensitive to the incidence angle of the radiation, the window effective surface being proportional to the cosine of the angle to the Sun. A maximal output is obtained, when the window is fully illuminated, and the optical axis points straightwards to the Sun. The dependence of the instrument response on the angle of radiation incidence was studied. The obtained result is shown in Fig.5. The dependence is symmetric towards the perpendicular to the chamber

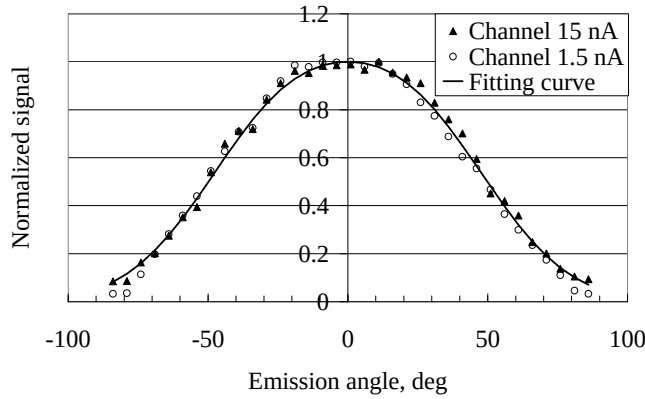


Fig. 5. Dependence of the measured signal on the incident radiation angle for both ASLAF channels. The obtained fitting curve is drawn in.

window and one and the same for both channels. It is wider than a Gauss curve. A curve, fitting well the obtained dependence was constructed as the sum of two Gauss curves displaced one towards the other:

$$y = \frac{e^{-a(x-b)^2} + e^{-a(x+b)^2}}{c}$$

The relative error using this curve for measurement analysis was obtained. It doesn't exceed 4% up to $\pm 50^\circ$ and 10% up to $\pm 70^\circ$.

The Lyman-alpha detector response to the H lamp emission was studied. Linear signal depending on the emission intensity was obtained from both channels. The signal ratio could be considered 10.6 from 30 mV to 4.2 V in the channel 1.5 nA range.

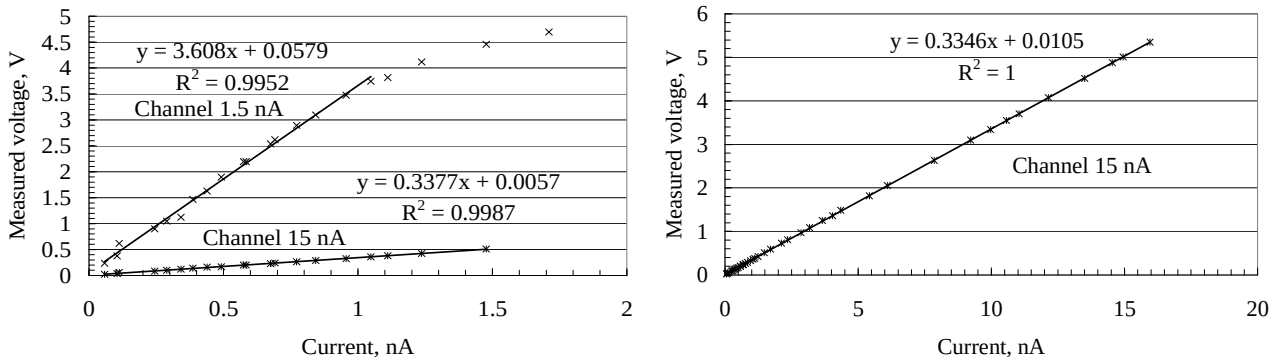


Fig. 6. Dependence of the measured voltage on the produced electric current for both channels

The dependence of the measured voltage on the flown electric current was linear for both data channels and constant signal ratio was obtained. The results are shown in Fig.6.

The bias signal was very low: practically 0 for the 15 nA channel and $\times 100 \mu\text{V}$ for the 1.5 nA channel.

Noise and signal test measurements were implemented and gave very good results. When all instruments were on board and the internal power was switched on, the noise in channel 15 nA was practically zero, and the one in channel 1.5 nA was very low, with average value of 2.6 mV, what is near the sensitivity threshold.

Conclusions. A state-of-the-art instrument - Lyman-alpha detector (ASLAF) to record the attenuation of the direct Lyman-alpha radiation in the atmosphere was designed and a work model and a flying one were manufactured. All conditions were carefully considered and the general parameters influencing the measurements were estimated on the basis of the existing theory as well as on the results of previous experiments. The mechanics and electronics of the instrument were designed to fit the space allotted on the upper deck of HotPayl, under the nosecone. It is maximum compact and light. The position and the operating conditions of the ionization chamber were chosen on the basis of planned experiments and theoretical estimates. A set of tests were performed in order to study the characteristics of the ionization chamber and the electronics and their response to the expected signal.

ASLAF passed successfully all tests performed before a rocket launch. All measured characteristics were within the borders of the expected values and with very good quality. There are two measuring channels with ranges 1.5 nA and 15 nA, characterized with linearity, constant data ratio between them and

low noise signal. The two channels monitoring the power supply to the ionization chamber and the temperature operated well. The power supply to the ionization chamber remained stable, 60V, with deviations from this value less than 1V.

The device is of very good quality and it is expedient to be used in rocket experiments for measuring the $L\alpha$ flux.

Acknowledgments: The ASLAF Project was part of a scientific collaboration between STIL-BAS, Stara Zagora Department, Bulgaria, and MISU, Stockholm University, Sweden. The project was included in the HotPay I rocket experiment at Andøya Rocket range, part of the ALOMAR eARI project (RITA-CT-2003-506208), received research funding from the European Community's 6th Framework Programme. Research funding for this project was received from the "National Investigations" Fund of the Bulgarian Ministry of Education and Science under a scientific project (Contract №NZ 1515/2005).

References:

1. Bishop J. 2001. Thermospheric Atomic Hydrogen Densities and Fluxes from Dayside Lyman α Measurements. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 63, 331-340.
2. Bremer J., P. Hoffmann, R. Latteck, W. Singer. 2003. Seasonal and Long-Term Variations of PMSE from VHF Radar Observations at Andenes, Norway. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 108 (I.D8), PMR 5-1, citelD 8438, DOI.
3. Carver J.H., P. Mitchell. 1964. Ionisation Chambers for the Vacuum Ultra-Violet. *J.Sci. Instrum.* 41, 555-557.
4. Chamberlain J. 1978. *Theory of Planetary Atmospheres*. Academic Press.
5. Chandra S., C.H. Jackman, E.L. Fleming, J.M. Russell. 1997. The Seasonal and Long Term Changes in Mesospheric Water Vapour. *Geophysical Research Letters* 24 (I.6), 639-642.
6. Gumbel J., G. Witt. 1998. In Situ Measurements of the Vertical Structure of a Noctilucent Cloud. *Geophysical Research Letters* 25 (I.4), 493-496.
7. Gumbel J. 2001. Aerodynamic Influences on Atmospheric in situ Measurements from Sounding Rockets. *Journal of Geophysical Research* 106 (NA6), 10553-10563.
8. Kockarts G. 2002. Aeronomy, a 20th Century Emergent Science: the Role of Solar Lyman Series. *Annales Geophys.* 20, 585-598.
9. Marov M.Ya., A. Kolesnichenko. 1987. *Introduction to the Planetary Aeronomy*. Moscow. Nauka (in Russian).
10. Masuoka T., O. Takanori. 1974. Lyman-alpha Detector with MgF_2 Window. *Rev. Sci. Instrum.* 45, 1012-1014.
11. Murray B.J., J.M.C. Plane. 2004. Modelling the Impact of Noctilucent Cloud Formation on Atomic Oxygen and Other Minor Constituents of the Summer Mesosphere. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 4, 7181-7216.
12. Pancheva D., R. Schminder, J. Lastovicka. 1991. 27-day Fluctuations in the Ionospheric D-Region. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics* 53 (ISSN 0021-9169), 1145-1150.
13. Reddman Th., Uhl, R. 2002. The Solar Hydrogen Lyman-alpha Photon Density within the Mesosphere. EGS XXVII General Assembly, Nice, 21-26 April, Abstract #2186.
14. Roble R.G., R.E. Dickinson. 1989. How Will Changes in Carbon Dioxide and Methane Modify the Mean Structure of the Mesosphere and Thermosphere?. *Geophysical Research Letters* 16, 1441-1444.
15. Stober A.K., R. Scolnik, J.P. Hennes. 1963. A Vacuum Ultraviolet Photoionization Detector. *Applied Optics* 2, 735-739.
16. Thomas G.E., J. Olivero. 2001. Noctilucent Clouds as Possible Indicators of Global Change in the Mesosphere. *Advances in Space research* 28 (I.7), 937-946.
17. Thomas G.E., J.J. Olivero, M. DeLand, E.P. Shettle. 2003. A Response to the Article by U. von Zahn, Are Noctilucent Clouds Truly a "Miner's Canary" of Global Change?. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 84(36), 352-353.
18. Thrane E.V., I. Nyberg, B. Narheim. 1974. Measurements of the Extinction of Solar Hydrogen Lyman- α in the Mesosphere. Internal Report E-230, Norwegian Defense Research Establishment (FFI), Norway.
19. Thrane E.V., A. Johannessen. 1975. A Measurement of the Extinction of Solar Hydrogen Lyman- α Radiation in the Summer Arctic Mesosphere, *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics* 37, 656-661.
20. Thrane E.V., O. Hagen, F. Ugletveit. 1977. Rocket Measurements of Mesospheric Density, Pressure and Temperature. Internal Report E-269, Norwegian Defense Research Establishment (FFI), Norway.
21. Vardavas I.M., J. H. Carver. 1984. Comments on the Newton-Raphson Method for Obtaining Temperature Profiles from Radiative-Convective Models. *Planetary and Space Science* 32 (I.7), 803-807.
22. Von Zahn U. 2003. Are Noctilucent Clouds Truly a "Miner's Canary" of Global Change?. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 84(28), 261-268.
23. Willson R.C. 1990. Solar Irradiance Variability During Solar Cycles 21 and 22. In NASA, Goddard Space Flight Center, *Climate Impact of Solar Variability*, 279 (SEE N91-12456 03-92).
24. Woods Th.N., G.J. Rottman, O.R. White, J. Fontenla, E.H. Avrett. 1995. The Solar L_{α} line profile. *Astrophysical Journal* 442, 898-906.
25. Woods Th.N., W.K. Tobiska, G.J. Rottman, J.R. Worden. 2000. Improved Solar Lyman alpha Irradiance Modelling from 1947 through 1999 Based on UARS Observations. *Journal of Geophysical Research* 105 (I.A12), 27195-27216.
26. Woods Th.N., G.J. Rottman. 1997. Solar Lyman alpha Irradiance Measurements During Two Solar Cycles. *Journal of Geophysical Research* 102 (I.D7), 8769-8780.
27. Woods Th.N., W.K. Tobiska, G.J. Rottman, J.R. Worden. 2000. Improved Solar Lyman alpha Irradiance Modelling from 1947 through 1999 Based on UARS Observations. *Journal of Geophysical Research* 105 (I.A12), 27195-27216.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗА ИЗПОЛЗУВАНЕТО НА ХАОТИЧНИ И ФРАКТАЛОПОДОБНИ СИГНАЛИ В РАДИОСВЪРЗОЧНИТЕ И РАДИОЛОКАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ

Стилиян Луков

Институт за космически изследвания – БАН

PROSPECTS OF CHAOTIC AND FRACTAL-LIKE SIGNALS APPLICATION IN RADIOCOMMUNICATION AND RADIOLOCATION SYSTEMS

Stiliyan Lukov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: slukov@space.bas.bg

Keywords: complex signals, nonlinear dynamic systems, chaos, fractals, radiocommunication and radiolocation systems

Abstract: The paper considers the prospects of chaotic and fractal-like signals application in radiocommunication and radiolocation systems. These signals constitute a new class of signals in modern radio engineering. Their properties are very interesting but not enough investigated. The paper considers the relation between chaotic and fractal-like signals and other types of signals and their possible applications in radiocommunication and radiolocation systems.

1. Въведение

От началото на откриване на методите за предаване на информация посредством електромагнитни (радио-) сигнали съществува тенденция за непрекъснато усъвършенстване на тези методи чрез откриване на нови типове сигнали, разработване на нови устройства за генериране, предаване, приемане и обработка на сигналите и пр. Днес сме свидетели на прилагането на редица нови типове сигнали, които значително се отличават по своята структура и свойства от “традиционните” и широко използвани сигнали. Такива са хаотичните и фракталоподобни сигнали, които бяха предложени в края на миналия и началото на настоящия век веднага след появата на теориите на хаоса и на фракталите. Веднага ще отбележим, че изследването на свойствата и на методите за използване на новите типове сигнали се намира в съвсем начален стадий на развитие. Възниква проблема за намиране на връзката на хаотичните и фракталоподобните сигнали с другите типове известни сигнали, а също така за изясняване на методите за генерация, за въвеждане и снемане на информацията от тях и пр. През последните години този въпрос все по-настойчиво се обсъжда в литературата.

Така, в работа [1] са представени резултатите от практическата разработка на система за радиосвързка с използване на хаотични сигнали, привеждат се също така и някои данни за най-важните качествени характеристики на системата и за свойствата на самите хаотични сигнали като преносители на информация. Оказва се, че тези методи могат да бъдат приложени не само в радиосвързочните, но и в радиолокационните системи, а също така и в радиолокационните системи с активен отговор.

В настоящия доклад ние разглеждаме тези възможности, както по отношение на хаотичните сигнали (ХС), така и по отношение на фракталоподобните сигнали (ФПС), които имат много общи свойства с хаотичните сигнали и в същото време се отличават от тях. Предварително в доклада се дава кратка характеристика на разглежданите сигнали и се посочва тяхната връзка с останалите типове известни сигнали.

2. Характеристика на хаотичните и на фракталоподобните сигнали

Тук под хаотични сигнали ще разбираме сигналите, при които за предаване на информацията се използват източници (генератори) на хаос, т.е. на електрически величини – напрежение, ток, напрегнатост на поле и пр., изменящи се във времето по закона на динамичния хаос. С това тези

сигнали съществено се отличават от традиционните сигнали, използващи хармонични или квазихармонични колебания. От друга страна хаотичните сигнали са близки до известните шумови или псевдошумови сигнали, при които се използват източници на шумови (случайни) колебания, но в същото време се отличават от тях, предвид специфичните отличия на динамичния хаос от случайните времеви функции [2].

Аналогично можем да определим фракталоподобните сигнали (ФПС) като сигнали, при които за предаване на информация се използват времеви функции с фрактални (фракталоподобни) свойства. С термина “фракталоподобен” ние отличаваме реалните фрактали, имащи краен брой мащаби от идеалните, притежаващи безкрайно много мащаби [3]. В това отношение ФПС са сродни с ХС, тъй като един хаотичен сигнал също притежава самоподобни свойства [2]. В същото време, обаче ФПС съществено се отличават от ХС най-вече по това, че ФПС притежават строго определен закон на генериране и следователно могат да бъдат възпроизвеждани. Това дава съществени предимства при обработката на тези сигнали, която може по принцип да бъде кохерентна, в отличие от обработката на ХС. Следва да отбележим, че за практическо приложение ХС и ФПС трябва да бъдат в областта на ВЧ и СВЧ.

Важна характеристика на ХС и ФПС е тяхната свръхширококолентовост, т.е. по същество те спадат към свръхширококолентовите (СШЛ) сигнали, за които относителната ширина на честотната лента отговаря на условието [4].

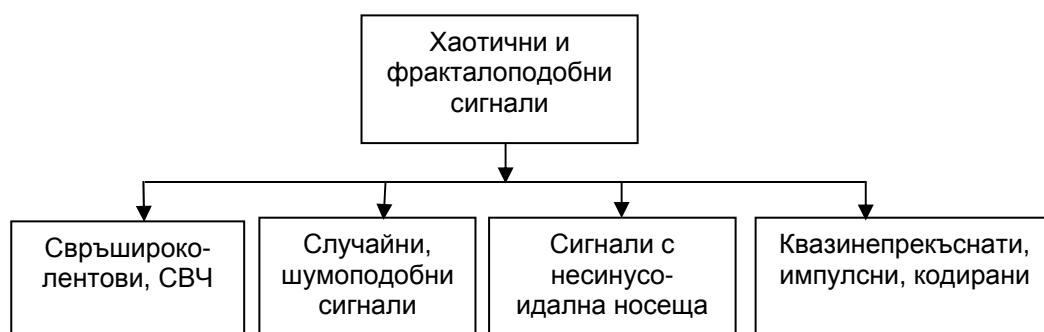
$$(1) \quad 2\Delta F = \frac{F_U - F_L}{2(F_U + F_L)} \geq 2,$$

където F_U , F_L - съответно, най-висока и най-ниска честоти в спектъра на сигнала.

Както е известно, към СШЛ сигнали спадат сигналите без носеща – например в РЛС, работещи с много краткотрайни видеоимпулси, характеризиращи се с много широк спектър. Същевременно обаче, спектралното разпределение на тези сигнали се отличава от СШЛ сигнала, тъй като това на ХС и ФПС и е групирани в областта на ниските честоти, което създава трудности при излъчване и приемане на тези сигнали [4, 5].

Следователно, обобщавайки, можем накратко да характеризираме ХС и ФПС като свръхширококолентови, свръхвисокочестотни сигнали с квазинепрекъснат спектър с близка до равномерната спектрална плътност.

От друга страна, очевидно ХС и ФПС могат да бъдат характеризирани като “сложни” сигнали, т.е. сигнали със сложна структура. При това може да бъде проследена определена връзка на тези сигнали с останалите типове сложни сигнали. Тази връзка е посочена накратко на фиг.1.



Фиг.1. Връзка на хаотичните сигнали с други типове сложни сигнали

Близостта на свойствата на ХС и ФПС говори за тяхната взаимовръзка между тях. Това дава основание тези сигнали да се разглеждат като две разновидности на един общ клас сложни сигнали с динамично-нелинейна структура.

3. Приложение на хаотичните и фракталоподобните сигнали

а) хаотични сигнали

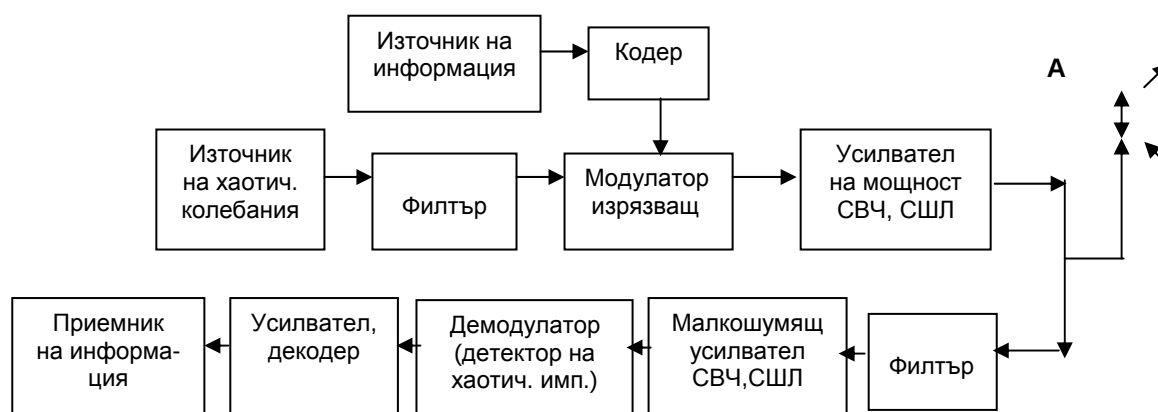
Тук ще разгледаме накратко перспективите за приложение на разглежданите типове сигнали в два вида системи – радиосвързочни и радиолокационни. Както се отбелязва в [1], приложението на хаотичните сигнали включва три главни момента: генериране на хаос (т.е. на хаотично напрежение,

ток и т.н.), въвеждане на информацията в хаотичния сигнал и, на трето място, извличане на информацията от този сигнал. Тези три момента са валидни също и за приложението на фракталоподобните сигнали. Съществуват, обаче, определени особености, които ще разгледаме накратко по-нататък.

В [1] са представени резултати от разработката и изследването на предложената по-рано от авторите [6] т.н. “прякохаотична” радиосвързочна система. В нея като източник на хаос се използва транзисторен СВЧ генератор, работещ в специален режим на хаотични колебания. За въвеждане на информацията в хаотичния сигнал се използва формирането на поток от хаотични импулси (отрязъци от хаотичното напрежение), които се модулират по съответен начин (например, по положение на импулсите) от информационния сигнал.

В приемната страна тези импулси се демодулират (детектират), което сменя полезната информация от хаотичния сигнал. Същественото тук е, че не се използва преобразуване на сигнала по честота.

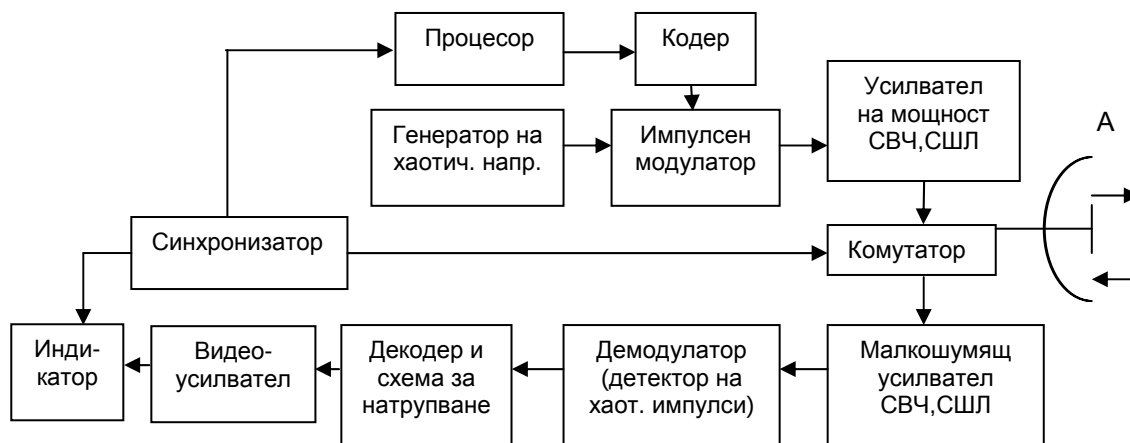
Могат да бъдат изтъкнати някои недостатъци на тази схема – например, малката далечина на действие, което се отбелязва от авторите на [1]. На второ място, съгласно структурната схема, системата е пригодена за работа с отделни антени на предаване и приемане, което създава определени неудобства. Приложението на този метод за случая на дуплексна радиовръзка чрез много висока честота на превключване и нахвърляне на полезния сигнал може да се окаже затруднено или невъзможно поради импулсния характер на самия хаотичен сигнал. По принцип, обаче, тук би могло да се приложи разделяне по спектър на каналите на излъчване и приемане. За тази цел с помощта на съответни филтри от общия спектър на хаотичния сигнал се изрязват два неприпокриващи се “подспектъра” – долен ΔF_L и горен ΔF_U , в които се разполагат съответно каналите на излъчване и на приемане. За абонента тези подспектри са разменени. В такъв случай структурната схема на системата за прякохаотична радиосвързка добива вида, показан на фиг.2.



Фиг. 2. Структурна схема на прякохаотична система за радиосвързка, работеща със съвместна антена на излъчване и приемане

Приложението на пряко-хаотичната схема в типично радиолокационни системи, обаче, е свързано с някои особености, които ще отбележим накратко тук. Така използването на прости хаотични импулси – изрязъци от хаотичен процес за радиолокационно наблюдение на обекти е явно нецелесъобразно, предвид необходимостта тези импулси да имат достатъчно голяма амплитуда за осигуряване на необходимата далечина на действие на РЛС. Освен това единичните хаотични импулси губят важното предимство на непрекъснатия или квазинебрекъснат хаотичен сигнал – неговата скритност. Ето защо от тази гледна точка използването на прякохаотичната схема е целесъобразно в радиолокационни системи, работещи с дълги сложно-съставни импулси.

В съответствие с горното, структурната схема, например на РЛС, работеща със сложно-съставни хаотични импулси с натрупване, има следния вид (фиг.3)



Фиг. 3. Структурна схема на прякохаотична РЛС, работеща с дълги сложно-съставни хаотични импулси с натрупване

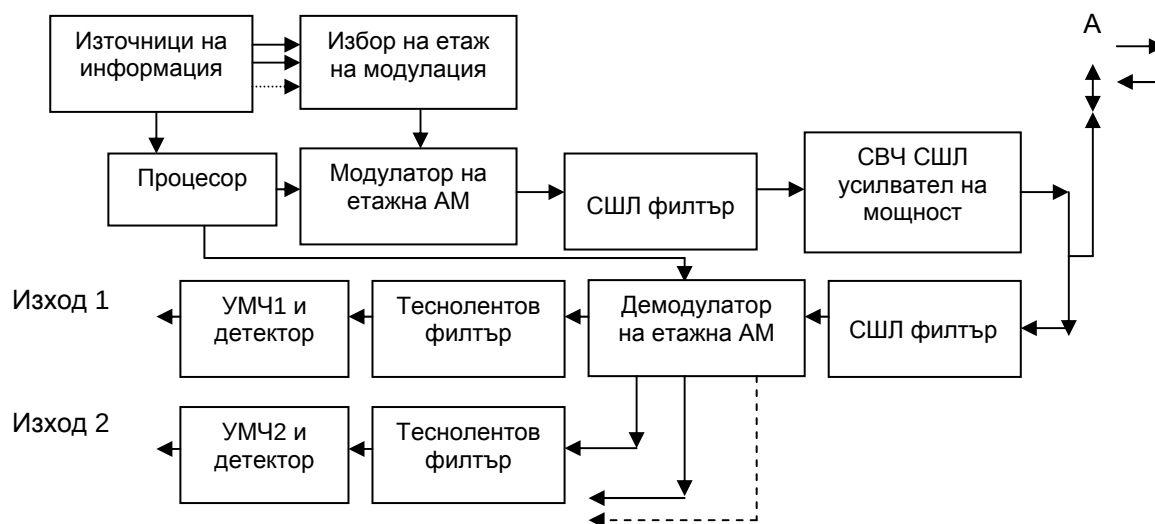
б) фракталоподобни сигнали

По принцип са възможни множество разновидности на тези сигнали – например, в зависимост от закона, по който се генерират: ФПС със сложно-съставна амплитудна, честотна, фазова, импулсна и пр. модулация, сигнали със сложно-съставно кодиране и др.

В съответствие с казаното по-горе, генерацията на ФПС от даден тип може да стане по програмен път (чрез бърз микропроцесор). Въвеждането на информацията в сигнала става по програмен път – на определен “етаж” в същото устройство, което генерира ФПС. За извличане на полезната информация от приетия сигнал отново се използва бърз програмируем микропроцесорен преобразувател на спектъра. При това, началният спектър на сигнала по принцип може да се измести като се демодулират съответните етажи на сложно-съставната модулация. Това ще доведе до времева модулация (“накъсване”) на сигнала, от който след усилване и обикновена амплитудна демодулация се сменя полезната (например, речева) информация. За разлика от пряко-хаотичната система, тук измествения надолу и стеснен по спектър сигнал може да се усилива с обикновени лентови междинно-честотни усилватели, което повишава многократно чувствителността на системата.

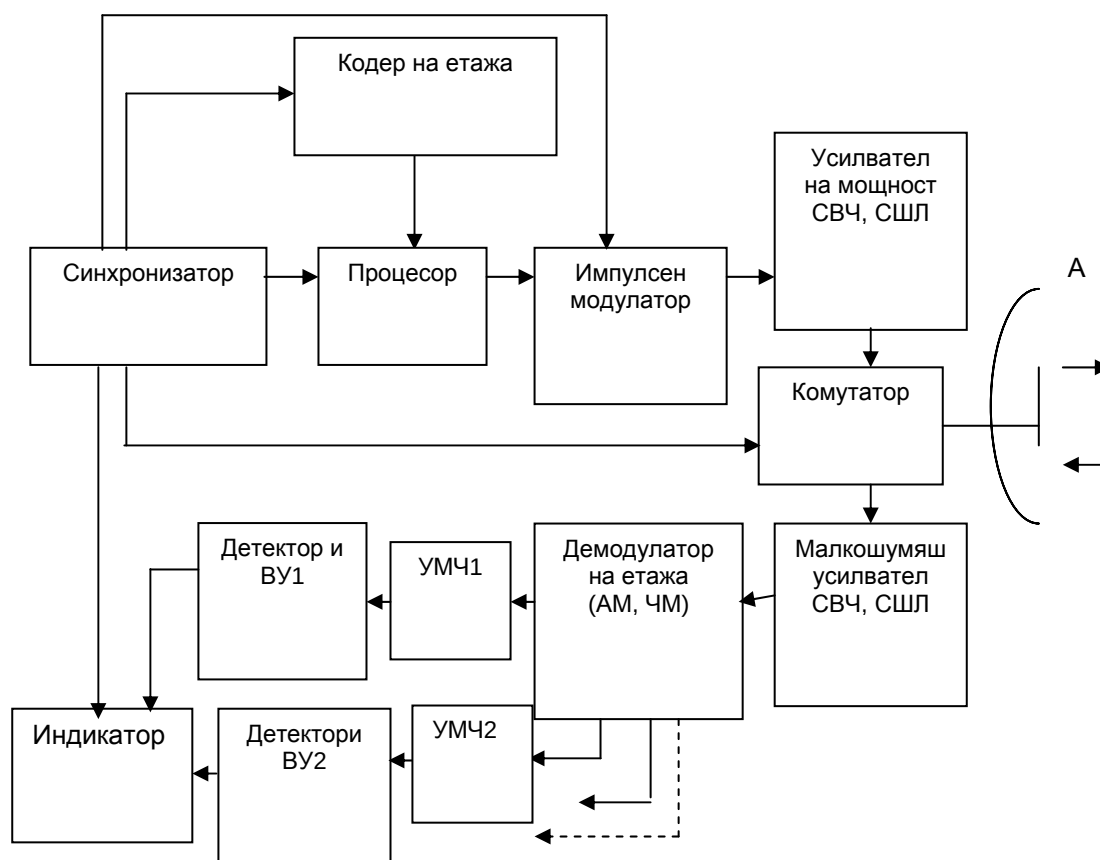
Имайки предвид горепосоченото, можем да съставим структурната схема на примерна система за радиосвързка с ФПС. Тази схема е представена на фиг.4.

Аналогично може да бъде построена и структурната схема на радиолокационната система с активен отговор, използваща ФПС. Главно отличие на РЛС с ФПС е многоетажната структура на сондиращите сигнали, която по принцип дава възможност за многоканална обработка на приетите сигнали. В това отношение РЛС с ФПС са подобни на многоканалните РЛС с честотно, времево или кодово разделение на каналите [7].



Фиг. 4. Структурна схема на система за радиосвързка с ФПС на базата на многоетажна АМ

На базата на посоченото можем да построим структурната схема на примерна многоканална РЛС със сложни сондиращи сигнали с ФП структура с разделяне на каналите след съответна процесорна обработка и свиване на приетите импулси в съответни компресионни филтри (фиг.5).



Фиг. 5. Структурна схема на РЛС със сложни сондиращи импулси с фракталоподобна вътрешноимпулсна модулация

4. Заключение

Направения анализ на най характерните свойства на новия клас сигнали – хаотичните и фракталоподобни сигнали дава възможност да се направят следните изводи:

- 1) Хаотичните и фракталоподобните сигнали се явяват нов тип сложни сигнали, които съчетават в себе си едновременно свойствата свръхширокополосност, свръхвисококачествост, квазинепрекъснатост на спектъра и пр. Това осигурява съответни качества на тези сигнали – висока защитеност срещу смущения, скритност, висока информативност и пр.
- 2) Посочените примерни структурни схеми на радиосвързочни и радиолокационни системи показва принципната възможност за реализация на системите с използване на хаотични и фракталоподобни сигнали. Тези системи биха могли да намерят приложение там, където техните най-съществени качества – висока защитеност на информацията, многоканалност и пр. са от най-голямо значение.

Литература:

1. Д м и т р и е в А.С., А.В. К л е ц о в, А.М. Л а к т ю ш к и н, А.И. П а н а с, С.О. С т а р к о в. Свръхширокополосная беспроводная связь на основе динамического хаоса, Радиотехника и электроника, 2006, том 51, №10, с.1193-1209.
2. Ш у с т е р Г. Детерминированный хаос, пер. с англ. под ред. А.П. Гапонова - Грехова, Москва, "Мир", 1988, 226 с.

3. П о т а п о в А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки. Изд. 2-е, перераб. И доп. - Москва, "Университетская книга", 2005. – 848 с.
4. А с т а н и н Ю., А.А. К о с т ы л е в. Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений, Москва, "Радио и связь", 1989, 190 с.
5. Х а р м у т Х.Ф. Несинусоидальные волны в радиолокации и радиосвязи, пер. с англ. Г.С. Колмогорова, В.Г. Лабунца, под ред. А.П. Мальцева, Москва, "Радио и связь", 1985, 375 с.
6. Д м и т р и е в А.С., Б.Е. К я р г и н с к и й, Н.А. М а к с и м о в и др. //Радиотехника, 2000, №3, с. 9.
7. Ф и н к е л ь ш т е й н М.И. Основы радиолокации, Москва, "Сов. Радио", 1973, 480 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ИЗЛЪЧВАНЕ НА ЦИФРОВИ МОДУЛИ С КОСМИЧЕСКО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

Павлин Граматиков, Румен Шкевов

*Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
София 1000, ул. "Московска" № 6*

OPTIMISATION OF THE ELECTROMAGNETIC EMISSION OF DIGITAL UNITS FOR SPACE APPLICATIONS

Pavlin Gramatikov, Roumen Shkevov

*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
6 Moskovska Str., 1000 Sofia, BULGARIA
e-mail: pgramatkov@space.bas.bg*

Ключови думи: космически прибори, електромагнитна съвместимост, радиочестотни смущения, цифрови устройства.

Key words: space instruments, electromagnetic compatibility (EMC), radio-frequency interference (RFI), digital units

Абстракт: Изследвана е възможността за оптимизация на общото електромагнитно излъчване на цифрови модули от наземен вариант на космически прибор. Измерени са амплитудите на радиочестотните смущения на цифровите модули в базов работен режим. За основа на оптимизационния процес са използвани стойностите на напрегатостта на електрическото поле на неекранирани цифрови модули и захранвания. С помощта на различни средства за екраниране на модулите е постигнато понижение на излъчените емисии. Използваните методики и апаратура са в съответствие с международните стандарти за измерване на електромагнитна съвместимост на космически прибори. Резултатите от оптимизационния процес са показани в графичен вид.

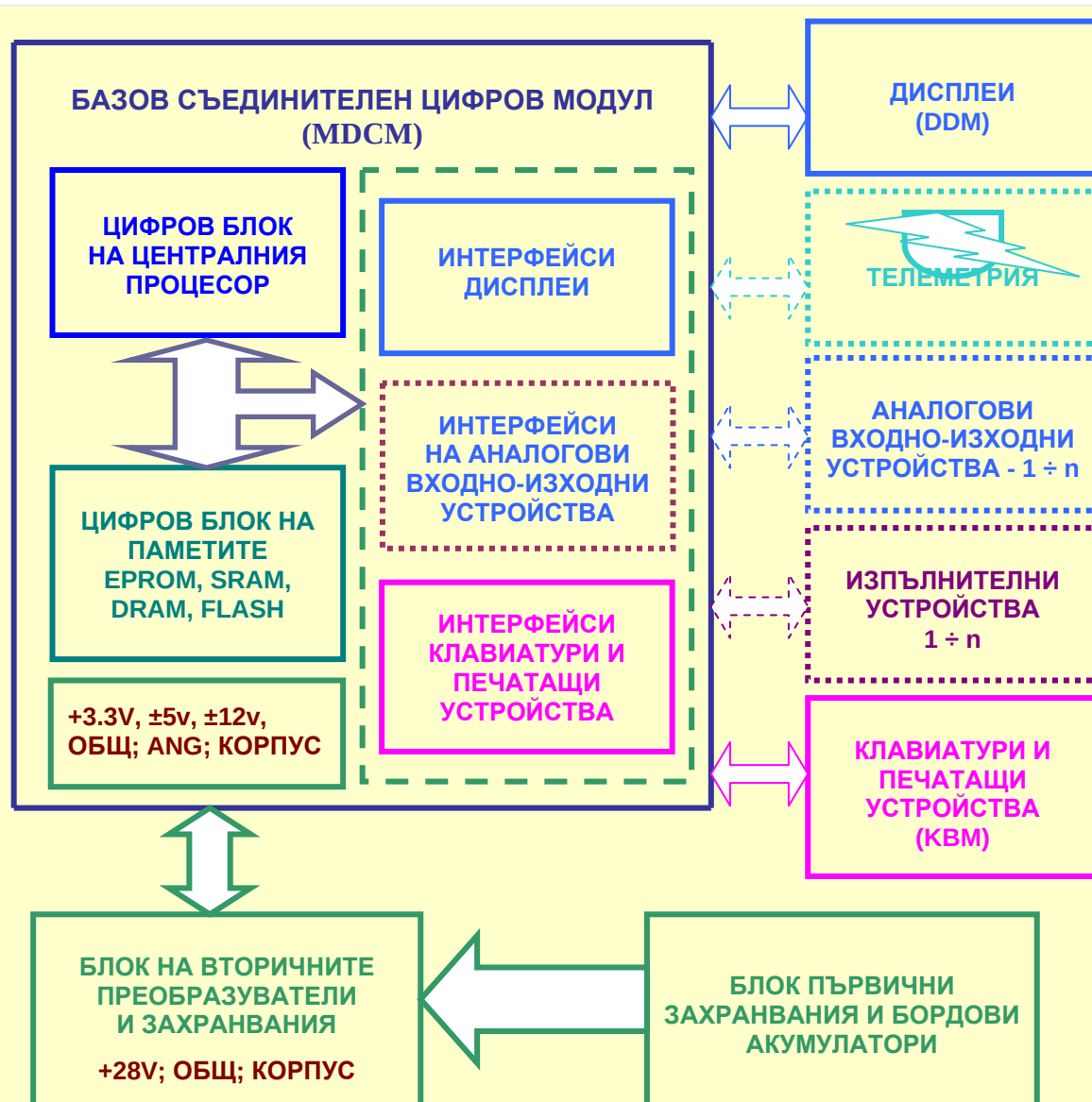
Abstract: The possibility of the full electromagnetic compatibility (EMC) optimizations of the space instrument ground variant is investigated. The radiofrequency interferences (RFI) amplitudes of the digital units in the main mode are measured. For the base of the optimizations process is used the measured values of the EMC on unshielded digital units and power supplies. With the help of the different techniques of the shielding of the digital units is achieved the lower amplitudes of the RFI emissions. Used methods and equipment are in keeping conformity with the international standards for the EMC measuring of the space instruments. The obtained results are shown in graphical diagram.

Въведение

Електромагнитната съвместимост е едно от основните изисквания, на които трябва да отговарят космическите прибори. Методиките и стандартите отнасящи се за провеждане на измервания на (EMC) и (RFI) могат да бъдат намерени в [1], [2] и [3]. По време на осъществяване на експериментите от програмата "Шипка" - ССОД "ЗОРА" и "Невролаб-В" бяха оптимизирани цифрови модули и периферни устройства от гледна точка на (EMC) и (RFI). При тяхното изследване бе забелязано неблагоприятното влияние върху електромагнитната съвместимост на периферните устройства, като дисплеи, клавиатури и външни периферни устройства, присъединени с кабели. Част от известните подходи за понижаване на недопустимо високи нива на (EMC) и (RFI) генерирани от цифрови модули и периферни устройства са компютърна симулация на електромагнитните емисии [5], [6], оптимизация при проектиране топологията на модулите [7] и окончателна оптимизация при имитация на реален бордови комплекс. Нашият опит в реализация на космически прибори [4], [8] показва, че на ниво лабораторен и технологичен образец може да се извърши основната част от изследването и оптимизацията на електромагнитната съвместимост.

Методи на изследването

Блоковата схема на свързване на анализирани цифрови модули, техните периферни устройства и захранвания са показани на Фиг.1, където използваните съкращения са - „Базов съединителен цифров модул” – MDCM, „Клавиатури и печатащи устройства” – KBM и „Модул дисплеи” – DDM. Както е видно от фигурата, показаната обща структура е максимално близка до реалните бордови цифрови системи, с цел постигане на максимално коректни измервания, изследвания и оптимизация на (EMC) и (RFI) на конкретно разглежданите цифрови модули. Изследвано е общото излъчване на съединен и захранен базов цифров модул (MDCM) с микропроцесор, кварцови генератори, EPROM, RAM, SRAM. Към него бяха присъединени дисплеи, интерфейсите на аналоговите входно-изходни устройства, интерфейсите на изпълнителни механизми и устройства, а също така и интерфейсите на печатащи устройства и клавиатури.



Фиг.1. Блок-схема на изследваната структура

Известно е, че основната честота на хармоничните съставки е пропорционална на половината от продължителността на времето за нарастване (спадане) на фронтовете на сигнала [9].

Профилът на нормите за максимално допустимата напрегнатост на електрическо поле в честотния диапазон 100 -1000MHz [2], може да бъде описан с формулата:

(1)

$$E_{QP} = 36 + 19 \cdot \lg \left(\frac{f}{100} \right) \quad [\text{dBmicroV/m}],$$

където E_{QP} е допустимата напрегнатост на електрическото поле в [dBmicroV/m], а f е честотата в [MHz].

Подтискането на спектри с променлив профил налага използването на широкодиапазонни средства за понижаване на амплитудите на емисиите, каквито са различните видове екрани.

Известно е, че [9] затихването при поглъщане на екран може да се опише с формулата:

$$(2) \quad B = 0.132 \cdot t \cdot \sqrt{f \cdot G \cdot \mu_r} \quad [\text{dB}],$$

където B - затихването при поглъщане на екрана в [dB], t - дебелината на екрана в [μm], f - честотата в [MHz], G - относителната електропроводимост, а μ_r - относителната магнитна проницаемост.

Експериментални резултати

Проведените измервания са направени в съответствие с процедурите описани в [1], [2], [10]. На фиг. 2 е представен резултатът от измерването на спектъра на излъчените радишумове E_{QP1} на отворени неекранирани цифрови модули MDCM, KBM и DDM в диапазона от 300 MHz до 400MHz. Както се вижда на фигурата, най-високи амплитуди на шумовете се наблюдават на честоти от 345 до 395 MHz. Профилът на амплитудите на фиг.3 E_{QP2} в диапазона 400 MHz до 1000 MHz показва сравнително по-ниски амплитуди спрямо E_{QP1} - фиг.2. На честоти по-високи от 700 MHz, излъчени шумове са пренебрежимо малки – съизмерими със собствените шумове на използвания измервателен уред. Поради това последвалите изследвания бяха съсредоточени в диапазона от 290 до 410 MHz. Измерените стойности на E_{QP1} и E_{QP2} на неекранирани цифрови модули MDCM, KBM и DDM са използвани за основа на оптимизационния процес. Проверени бяха различни средства за подтискане на EMC и RFI, като ферити и немагнитни екрани с различни геометрични форми и обеми, както и влиянието на разстоянието между екрана и платката, видът и мястото на заземяването на екрана. Влиянието на феритите и тяхното местоположение е несъществено върху общото излъчване на блоковете. Изследването на електромагнитната съвместимост на захранващия блок и генерираните от него радишумове показва, че захранващият блок не внася съществени емисии над 6 MHz. Фиг. 4 показва резултата от измерването на напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове E_{QP3} на цифрови модули със заземен екран на MDCM и неекранирани KBM и DDM от 300 до 400 MHz. Използван е един плосък, локален, немагнитен екран, съизмерим с размерите на MDCM. На Фиг. 5 е показана разликата в напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове ΔE_{QP1} на цифрови модули със заземен екран на MDCM до 400 MHz, където :

$$(3) \quad \Delta E_{QP1} = E_{QP2} - E_{QP1} \quad [\text{dBmicroV/m}],$$

Анализът на фиг.4 и фиг.5 показва влошаване на параметрите на RFI. В честотния диапазон от 310 до 400 MHz противно на очакванията, излъчените шумове се повишават средно с 6 [dBmicroV/m], а на отделни честоти достига до 16 [dBmicroV/m].

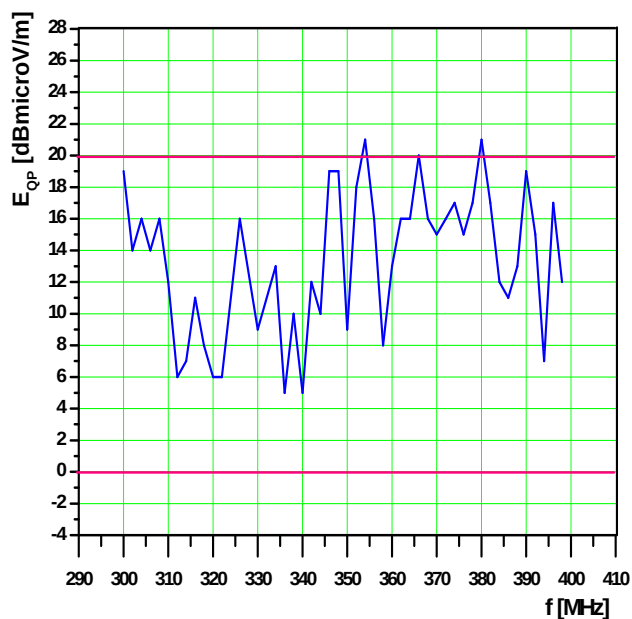
Фиг. 6 показва резултата от измерването на напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове E_{QP4} на цифрови модули с незаземен екран на MDCM и неекранирани KBM и DDM от 300 до 400 MHz, а на фиг.7 – разликата ΔE_{QP2} , където:

$$(4) \quad \Delta E_{QP2} = E_{QP4} - E_{QP1} \quad [\text{dBmicroV/m}].$$

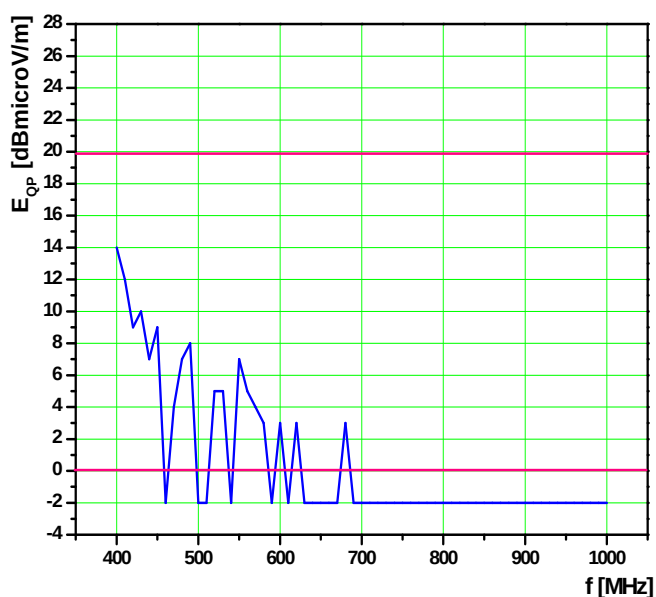
Сравнявайки профилите на ΔE_{QP2} (фиг.7) и ΔE_{QP1} (фиг.5) се наблюдава положителен ефект върху параметрите на RFI при незаземен екран на блока MDCM.

Един от добрите оптимизационни резултати е показан на фиг. 8. и фиг. 9, където разликата ΔE_{QP2} е :

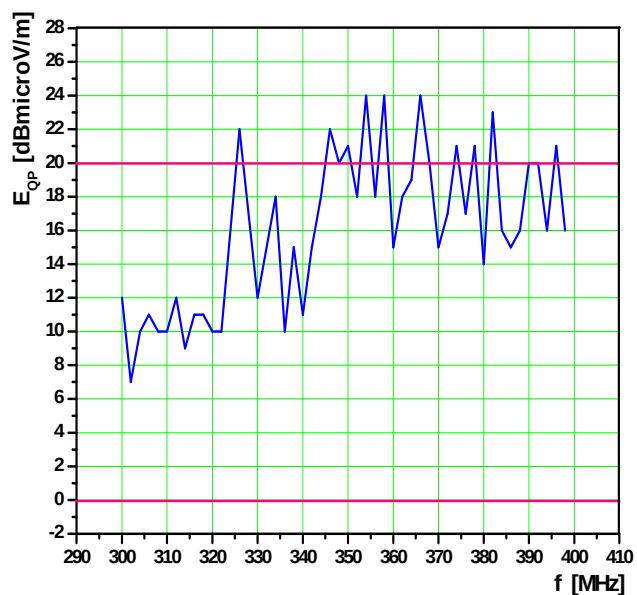
(5) $\Delta E_{QP3} = E_{QP5} - E_{QP1}$ [dBmicroV/m].



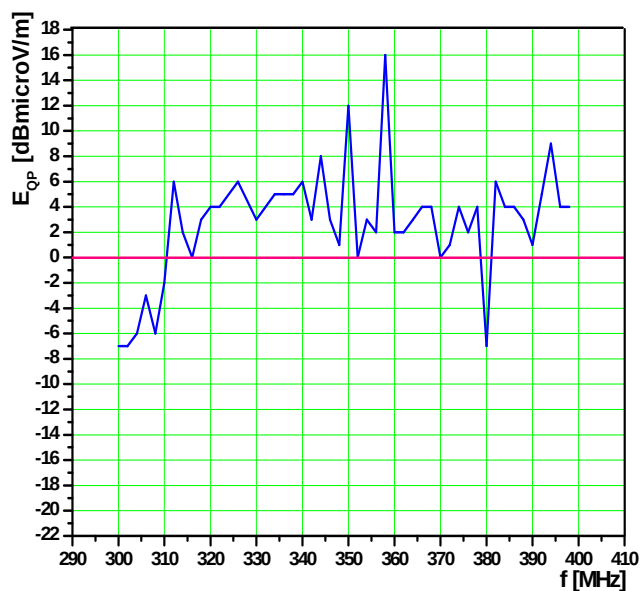
Фиг. 2. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радиошумове E_{QP1} на отворени неекранирани цифрови модули от 300 MHz до 400 MHz



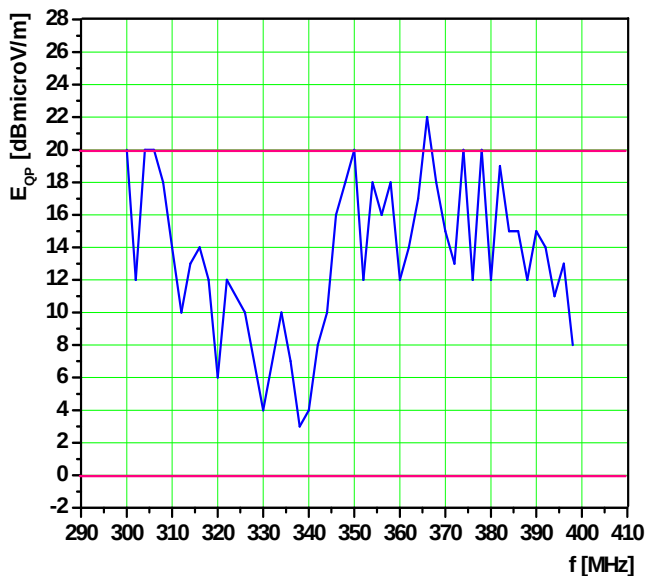
Фиг. 3. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радиошумове E_{QP2} на отворени неекранирани цифрови модули от 400 MHz до 1000 MHz



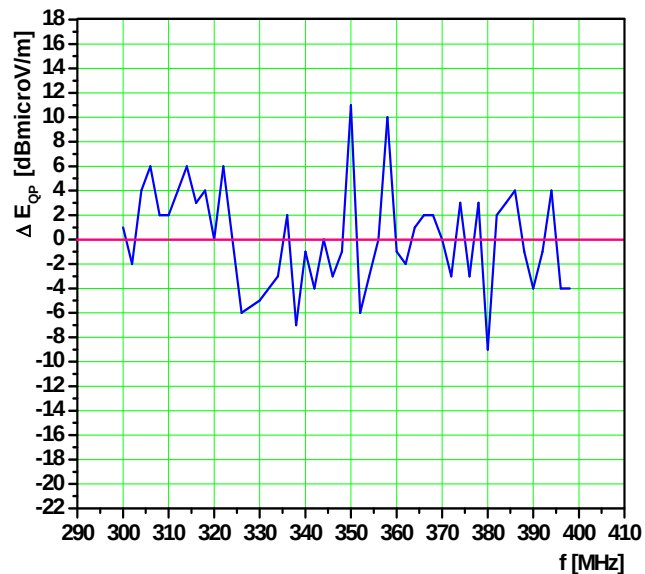
Фиг. 4. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радиошумове E_{QP3} на цифрови модули със заземен екран на MDCM и неекранирани KBM и DDM от 300 MHz до 400 MHz



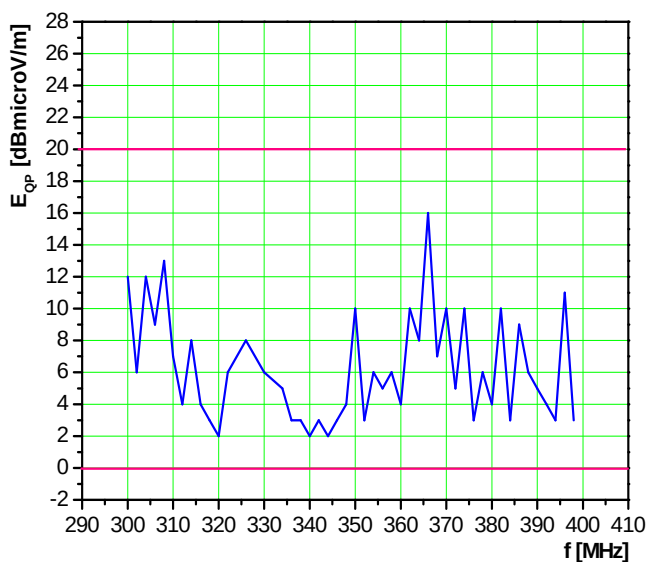
Фиг. 5. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радиошумове ΔE_{QP1} на цифрови модули със заземен екран на MDCM и неекранирани KBM и DDM от 300 MHz до 400 MHz



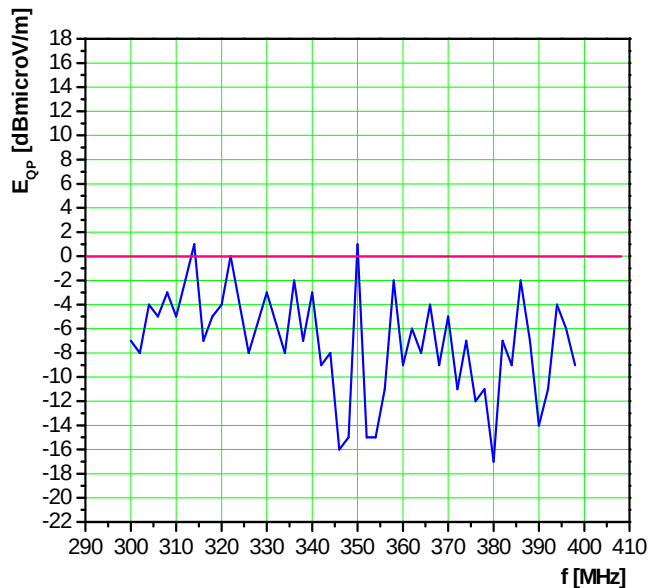
Фиг. 6. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове E_{QP4} на цифрови модули с незаземен екран на MDCM и неекранирани KBM и DDM от 300 MHz до 400 MHz



Фиг. 7. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове ΔE_{QP2} на цифрови модули с незаземен екран на MDCM и неекранирани KBM и DDM от 300 MHz до 400 MHz



Фиг. 8. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове E_{QP5} на цифрови модули с незаземен екран на MDCM и два заземени екрана на KBM и DDM от 300 MHz до 400 MHz



Фиг. 9. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове ΔE_{QP3} на цифрови модули с незаземен екран на MDCM и два заземени екрана на KBM и DDM от 300 MHz до 400 MHz

При анализа на профила ΔE_{QP2} (Фиг. 9) се наблюдава понижаване на излъчените шумове средно с 8 dBmicroV/m, а в на отделни честоти достига до 16 dBmicroV/m, при съчетанието от един незаземен екран на MDCM и два заземени екрана на KBM и DDM.

Заклучение

Изследването на EMC и RFI на цифрови модули от наземен вариант на космически прибор, показва съществено изменение в наблюдавания спектър на измерените електромагнитни смущения E_{QR} , в резултат на добавяне на екрани. Оптимизирано е свързването и големината на екраните на съответните модули и тяхното разположение.

При анализа на разликите в профилите на ΔE_{QR} на изследваните варианти се забелязват промени в амплитудата на конкретни честоти от + 16 dBmicroV/m до - 17 dBmicroV/m за различни състояния на системата и от гледна точка на RFI.

Необходимо е при пълна конфигурация допълнително изследване и оптимизация на EMC и RFI на конкретната система, включваща в състава си цифрови блокове като дисплеи, клавиатури, печатащи устройства и др. периферни цифрови модули, предназначени за работа на борда на космически обекти.

Литература

1. International Space Station Program. NASA/RSA Joint Specifications/Standards Document for the ISS Russian Segment, SSP 50094, Revision A, NASA, Johnson Space Center Houston, Texas, March 10, 2000. 551pgs.
2. Исходные технические требования к аппаратуре и оборудованию - ИТТ2. Комплекс целевых нагрузок. ИТТ КЦН РС МКС П 34240-515, Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С. П. Королева, сентябрь 2000г. 111стр.
3. Аппаратура научная – Общие технические требования. Главкосмос, Москва, 1987г.
4. Протокол №01 Квалификационных испытаний (Етап 2), ГНЦ РФ-ИМБП, Проект "Нейролаб", система "Нейролаб-Б" КМ 01.055.00.00 зав.№01, Оцениваемые показатели: Электромагнитная совместимость, 10.11.1995г.
5. Archambeault B., O. Ramahi, Brench C. EMI/EMC Computational Modeling Handbook (2nd Edition), Springer; 2001, 336 p.
6. Estienne J.P., J.G. Ferrante. Geometrical & Electromagnetic Modeling for Aerospace Engineering, Proc. "2nd Conference on Advances and Applications of GiD, 18- 20 February 2004", Barcelona, Spain.
7. Everett III, W. Woodrow et.all, "Experimental Evaluation of Microprocessor Susceptibility in the 300 MHz to 1.0 GHz Range," 1984 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Vol. 1, Tokyo, Japan, Oct. 16-18, 1984, pp. 216-221.
8. Television observations of Phobos G.A.Avanesov,P.Gromatikov,....et all. Nature V.341, 1989, 585-587p.
9. Букреев С.С., Головацкий В.А., и др. Источники вторичного электропитания. М.: Радио и связь, 1983. – 280с.
10. Sketoe J. G., Integrated circuit electromagnetic immunity handbook, Tech. Rep. NASA/CR-2000 - 210017, Boing Information, Space and Defense Systems, Seattle, WA, 2000.

STATISTICAL ORBIT DETERMINATION ON THE BASIS OF UNEVEN DISTRIBUTED OBSERVATION DATA

Konstantin Metodiev

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Key words: Statistical Orbit Determination, Kalman Filter

Abstract: In the paper, a statistical approach, for satellite orbit determination, is presented. The developed method is assessed as a filtering procedure of the random noise that was come across like an additive to the measured parameter. The method aims at statistical estimation determination of parameter value, which had been previously considered. In addition, the algorithm allows the usage of various tracking stations. Data obtained could be referred to various moments of time. In that manner, the algorithm suggested may be used in complicated situations during satellite tracking process, such as getting loose the GPS scope. Because the algorithm is non-iterative, it is likely to be used in real time. Depending on the initial conditions, a various families of orbits could be also obtained. Conclusively, the numerical results obtained are collated with real satellite navigation data.

Introduction

About an artificial satellite, whose both governing equations describing its motion and relevant initial conditions are previously known, its attitude in space could be determined by means of governing equations working out. In real, the amount of error of initial conditions, the mathematical model imperfection and the physical parameters are the cause of modeled trajectory deviation of the real one. Apparently, observations carried out always contain stochastic error. In order to estimate a state, which is closer to the real trajectory, the satellite observations carried out either from Earth tracking station or from another artificial satellite (for instance GPS), should be used with governing equations mentioned above altogether. Such an approach is used in Kalman filter procedure, which is used in the present report.

Preliminaries

According to what is shown in [1], equations describing satellite motion are as follows:

$$(1) \quad \dot{\vec{X}} = F(\vec{X}, t),$$

where

$$(2) \quad \vec{X} = \left\| \begin{matrix} X & Y & Z & \dot{X} & \dot{Y} & \dot{Z} & \beta \end{matrix} \right\|^T.$$

In the formula above, “X” denotes state vector, consisting of position and velocity vector components and m – dimensional vector of constant parameters as well. In this way vector “X” dimension is $N = 6 + M$.

Equation (1) can be linearized, in accordance with power series law, in relation to the state vector, computed along the reference trajectory “X*”:

$$(3) \quad \dot{\vec{X}} = \dot{\vec{X}}(t) + \left[\frac{\partial \dot{\vec{X}}(t)}{\partial \vec{X}(t)} \right]^* [\vec{X}(t) - \vec{X}^*(t)] + \text{higher order terms}.$$

Index “*” denotes that the value is computed about the reference trajectory. If terms of order higher than first are neglected and the following relation is used as well:

$$(4) \quad \vec{x}(t) = \vec{X}(t) - \vec{X}^*(t).$$

Power series (3) yields

$$(5) \quad \dot{\vec{x}}(t) = \left[\frac{\partial \dot{\vec{X}}(t)}{\partial \vec{X}(t)} \right]^* \vec{x}(t).$$

Also, if the following variable is defined

$$(6) \quad A(t) = \left[\frac{\partial \dot{\bar{X}}(t)}{\partial \bar{X}(t)} \right]^*$$

then the following expression is obtained:

$$(7) \quad \dot{\bar{x}}(t) = A(t)\bar{x}(t).$$

Equality (7) represents a system first order Ordinary Differential Equations. The matrix $A(t)$ has dimension $N \times N$ and is computed about the reference trajectory $\bar{X}^*(t)$, previously given. Regarding that $d\beta/dt=0$, it yields:

$$(8) \quad \frac{\partial \dot{\beta}}{\partial \bar{X}(t)} = 0.$$

Since equation (5) is linear, the solution could be written in following manner:

$$(9) \quad \bar{x}(t) = \frac{\partial \bar{x}(t)}{\partial \bar{x}(0)} \bar{x}(0) = \frac{\partial \bar{X}(t)}{\partial \bar{X}(0)} \bar{x}(0).$$

The last quantity follows after

$$(10) \quad \frac{\partial \bar{x}(t)}{\partial \bar{x}(0)} = \frac{\partial [\bar{X}(t) - \bar{X}^*(t)]}{\partial [\bar{X}(0) - \bar{X}^*(0)]} = \frac{\partial \bar{X}(t)}{\partial \bar{X}(0)}.$$

There are conditions, according to equation (9), which satisfies equation (5). If the following variable is defined

$$(11) \quad \Phi(t_0, t) = \frac{\partial \bar{X}(t)}{\partial \bar{X}(0)},$$

equation (9) takes the form

$$(12) \quad \bar{x}(t) = \Phi(t_0, t) \bar{x}(0).$$

If the last equation is differentiated in relation to the time, it follows:

$$(13) \quad \dot{\bar{x}}(t) = \dot{\Phi}(t_0, t) \bar{x}(0).$$

Because of equations (5) and (13) equalization, it could be written:

$$(14) \quad \left[\frac{\partial \dot{\bar{X}}(t)}{\partial \bar{X}(t)} \right]^* \bar{x}(t) = \dot{\Phi}(t_0, t) \bar{x}(0).$$

In case of substitution of " $\bar{x}(t)$ ", with the relevant value obtained by (12), it follows

$$(15) \quad \left[\frac{\partial \dot{\bar{X}}(t)}{\partial \bar{X}(t)} \right]^* \Phi(t_0, t) \bar{x}(0) = \dot{\Phi}(t_0, t) \bar{x}(0).$$

In case of equalization of the relevant coefficients in front of " $\bar{x}(0)$ " further, the following Ordinary Differential Equation is obtained, in relation to $\Phi(t_0, t)$:

$$(16) \quad \dot{\Phi}(t_0, t) = A \cdot \Phi(t_0, t).$$

The initial conditions are:

$$(17) \quad \Phi(t_0, t_0) = I.$$

Matrix $\Phi(t_0, t)$ is called *State Transition Matrix*. It features with the properties: $\Phi(t_k, t_k) = I$, $\Phi(t_i, t_k) = \Phi(t_i, t_j) * \Phi(t_j, t_k)$, $\Phi(t_i, t_k) = \text{inv}(\Phi(t_k, t_i))$. Each time when equations (16) and (17) are satisfied, the solution of the differential equation

$$(18) \quad \dot{\bar{x}}(t) = A \bar{x}(t)$$

is given by means of solving the algebraic equation:

$$(19) \quad \bar{x}(t) = \Phi(t_0, t) \bar{x}(0)$$

The matrix $\Phi(t_0, t)$ can be obtained as follows. Let

$$(20) \quad \Phi(t_0, t) = \frac{\partial \bar{X}(t)}{\partial \bar{X}(0)} = \left\| \begin{matrix} \phi_1(t_0, t) \\ \phi_2(t_0, t) \\ \phi_3(t_0, t) \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} \frac{\partial \bar{r}(t)}{\partial \bar{X}(0)} & \frac{\partial \dot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} & \frac{\partial \beta(t)}{\partial \bar{X}(0)} \end{matrix} \right\|^T.$$

The matrix $\phi_3(t_0, t)$ has dimension $M \times N$ and has constant elements. It could be conditionally divided into zero matrix $M \times 6$ and identity matrix $M \times M$. The number "M" has the same dimension of vector "X". Because of this, the upper half $6 \times N$ part of equation (16) is only necessary to work out. Equation (16) could be written as 2nd order Ordinary differential Equation. It could be shown, if differentiate the equation (20) in accordance with time:

$$(21) \quad \dot{\Phi}(t_0, t) \equiv \frac{\partial \dot{\bar{X}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} \equiv \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_1(t_0, t) \\ \dot{\phi}_2(t_0, t) \\ \dot{\phi}_3(t_0, t) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial \dot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} & \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} & 0 \end{Bmatrix}^T =$$

$$= \begin{Bmatrix} \frac{\partial \dot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} & \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} & 0 \end{Bmatrix}^T \begin{Bmatrix} \frac{\partial \bar{X}(t)}{\partial \bar{X}(0)} \end{Bmatrix}_{n \times n}$$

In the last equation, the symbol "0" denotes zero matrix $M \times N$. Regarding first row of equation (21), it follows that

$$(22) \quad \ddot{\phi}_1 = \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} = \dot{\phi}_2.$$

Therefore, this system of second order Ordinary Differential Equations can be solved according to $\Phi(t_0, t)$:

$$(23) \quad \ddot{\phi}_1(t_0, t) = \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} = \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(t)} \frac{\partial \bar{X}(t)}{\partial \bar{X}(0)} =$$

$$= \begin{Bmatrix} \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{r}(t)} & \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \dot{\bar{r}}(t)} & \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \beta(t)} \end{Bmatrix}_{3 \times n} \begin{Bmatrix} \frac{\partial \bar{r}(t)}{\partial \bar{X}(0)} & \frac{\partial \dot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{X}(0)} & \frac{\partial \beta(t)}{\partial \bar{X}(0)} \end{Bmatrix}_{n \times n}^T$$

or simply

$$(24) \quad \ddot{\phi}_1(t_0, t) = \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{r}(t)} \phi_1(t_0, t) + \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \dot{\bar{r}}(t)} \dot{\phi}_1(t_0, t) + \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \beta(t)} \phi_3(t_0, t).$$

Using initial conditions

$$(25) \quad \phi_1(t_0, t_0) = \begin{Bmatrix} I \end{Bmatrix}_{3 \times 3} \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{3 \times (n-3)}$$

$$\dot{\phi}_1(t_0, t_0) = \dot{\phi}_2(t_0, t_0) = \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{3 \times 3} \begin{Bmatrix} I \end{Bmatrix}_{3 \times 3} \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{3 \times m}$$

equation (24) could be solved as system 2nd order Ordinary Differential Equations $3 \times N$, instead of system first order Ordinary Differential Equations $6 \times N$ (see eq. (21)). Partial derivatives here are computed about the reference state. The solution then, about system $M \times N$ and initial conditions $d\phi_3(t_0, t)/dt = 0$, is trivial:

$$(26) \quad \phi_3(t_0, t) = \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{m \times 6} \begin{Bmatrix} I \end{Bmatrix}_{m \times m}.$$

During computations, equation (24) could be written as a system first order Ordinary Differential Equations $N \times N$:

$$(27) \quad \begin{Bmatrix} \dot{\phi}_1(t_0, t) \\ \dot{\phi}_2(t_0, t) \\ \dot{\phi}_3(t_0, t) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{3 \times 3} \\ \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \bar{r}(t)} \end{Bmatrix}_{3 \times 3} \begin{Bmatrix} \begin{Bmatrix} I \end{Bmatrix}_{3 \times 3} \\ \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \dot{\bar{r}}(t)} \end{Bmatrix}_{3 \times 3} \begin{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{3 \times m} \\ \frac{\partial \ddot{\bar{r}}(t)}{\partial \beta(t)} \end{Bmatrix}_{3 \times m} \begin{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{m \times 3} \\ \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{m \times 3} \\ \begin{Bmatrix} 0 \end{Bmatrix}_{m \times m} \end{Bmatrix}_{m \times n}^* \begin{Bmatrix} \phi_1(t_0, t) \\ \phi_2(t_0, t) \\ \phi_3(t_0, t) \end{Bmatrix}_{n \times n}.$$

Also, it yields

$$(28) \quad \dot{\Phi}(t_0, t) = A(t)\Phi(t_0, t).$$

If consider that the satellite observations are done about moments of time $t_1, t_2, \dots, t_l$, then the functional form of the observation equations could be expressed as follows:

$$(29) \quad \bar{Y}_i = G(\bar{r}_i, \bar{r}_{si}, t_i) + \bar{\varepsilon}_i, i = 1, 2, \dots, I,$$

where "r" and "rs" are geocentric positions of the space ship and the tracking station about time "ti". Symbol "ε" denotes measured error which is admitted presenting the white Gauss noise. After substitution about the state vector, equation (29) takes the form:

$$(30) \quad \bar{Y}_i = G(\bar{X}_i, t_i) + \bar{\varepsilon}_i, i = 1, 2, \dots, I.$$

In that manner, the real observation is considered to be a nonlinear function of “analytical” observation $G(X,t)$ and measured random noise ε .

In order both vectors of observation and state to be related to each other in linear manner, a method from linear estimation theory is applied. If both the reference X^* and the real X trajectory remain close enough, during time interval regarded, then a linear dependence between observation deviation $y = Y - Y^*$ and the state deviation $x = X - X^*$ could be established. In linear problem of orbit determination, the estimation being asked refers to a deviation from the reference trajectory, which is given in advance.

Both vectors “x” and “y” could be obtained by means of solving the following system of Ordinary Differential Equations with variable coefficients (see eq. (18)):

$$(31) \quad \begin{aligned} \dot{\bar{x}} &= A(t)\bar{x} \\ \bar{y}_i &= \tilde{H}_i \bar{x}_i + \tilde{\varepsilon}_i \end{aligned}$$

where

$$(32) \quad A(t) = \frac{\partial \dot{\bar{X}}(\bar{X}^*, t)}{\partial \bar{X}}, \quad \tilde{H} = \frac{\partial G(\bar{X}^*, t)}{\partial \bar{X}}.$$

The solution of the first equation in system (31) is obtained as a solution of equation (19), while the solution of the second equation could be written as functions of state variable, as follows:

$$(33) \quad \begin{aligned} \bar{y}_1 &= \tilde{H}_1 \Phi(t_0, t_1) \bar{x}_1 + \tilde{\varepsilon}_1 \\ \bar{y}_2 &= \tilde{H}_2 \Phi(t_1, t_2) \bar{x}_2 + \tilde{\varepsilon}_2 \\ &\dots \\ \bar{y}_i &= \tilde{H}_i \Phi(t_{i-1}, t_i) \bar{x}_i + \tilde{\varepsilon}_i \end{aligned}$$

Equation above contains M observations (“y” is vector $M \times 1$) and N unknown components of the state (“x” has dimension $N \times 1$). Apparently, “ ε ” is vector $M \times 1$, “H” is linear operator $M \times N$. If $M > N$ then the solution, in accordance with the Least Squares Method, could be obtained as follows:

$$(34) \quad \bar{x}(0) = (\tilde{H}^T \tilde{H})^{-1} \tilde{H}^T \bar{y}.$$

More details, about Linear Estimation theory applied to the Statistical Orbit Determination problem, are given in paper [2]. More information about the Statistical Orbit Determination about satellite constellation is given in either thesis [3] or paper [4].

Results

In the present paper, a case of satellite motion, under the influence of central force gravitational field, is considered. The reference frame used is a spherical rotational. According to Newton second law, about the satellite generalized coordinate, it could be written that:

$$(35) \quad \ddot{\vec{r}}(t) = -\frac{\mu \vec{r}(t)}{|\vec{r}(t)|^3}.$$

By means of program package “Mathematica”® usage, written by Wolfram Research, Inc., the following expressions were obtained:

- state vector

$$(36) \quad \vec{X}(t) = \left\| X \quad Y \quad Z \quad \dot{X} \quad \dot{Y} \quad \dot{Z} \quad \mu \quad X_s \quad Y_s \quad Z_s \right\|^T;$$

- state vector derivative

$$(37) \quad \dot{\vec{X}}(t) = F(\vec{X}, t) = \left\| \dot{X} \quad \dot{Y} \quad \dot{Z} \quad -\frac{\mu X}{|\vec{r}|^3} \quad -\frac{\mu Y}{|\vec{r}|^3} \quad -\frac{\mu Z}{|\vec{r}|^3} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \right\|^T;$$

- coefficient matrix

$$\begin{aligned}
A(t) &= \left[\frac{\partial \dot{\vec{X}}(t)}{\partial \vec{X}} \right]^* = \\
&= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\mu}{|\vec{r}|^3} + \frac{3\mu X^2}{|\vec{r}|^5} & \frac{3\mu XY}{|\vec{r}|^5} & \frac{3\mu XZ}{|\vec{r}|^5} & 0 & 0 & 0 & -\frac{X}{|\vec{r}|^3} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3\mu YX}{|\vec{r}|^5} & -\frac{\mu}{|\vec{r}|^3} + \frac{3\mu Y^2}{|\vec{r}|^5} & \frac{3\mu YZ}{|\vec{r}|^5} & 0 & 0 & 0 & -\frac{Y}{|\vec{r}|^3} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3\mu ZX}{|\vec{r}|^5} & \frac{3\mu ZY}{|\vec{r}|^5} & -\frac{\mu}{|\vec{r}|^3} + \frac{3\mu Z^2}{|\vec{r}|^5} & 0 & 0 & 0 & -\frac{Z}{|\vec{r}|^3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^*
\end{aligned}
\tag{38}$$

- observation vector, also elements of vector $G(X,t)$

$$\begin{aligned}
\vec{Y}(t) &= \|\rho \quad \dot{\rho}\|^T \\
(39) \quad |\bar{\rho}| &= \sqrt{(X - X_s)^2 + (Y - Y_s)^2 + (Z - Z_s)^2} \\
\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} &= \frac{\dot{X}(X - X_s) + \dot{Y}(Y - Y_s) + \dot{Z}(Z - Z_s)}{|\bar{\rho}|}
\end{aligned}$$

- observation matrix

$$(40) \quad \tilde{H} = \begin{pmatrix} \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial X} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial Y} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial Z} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial \dot{X}} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial \dot{Y}} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial \dot{Z}} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial \mu} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial X_s} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial Y_s} & \frac{\partial |\bar{\rho}|}{\partial Z_s} \\ \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial X} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial Y} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial Z} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial \dot{X}} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial \dot{Y}} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial \dot{Z}} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial \mu} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial X_s} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial Y_s} & \frac{\partial |\dot{\rho}|}{\partial Z_s} \end{pmatrix}^*$$

Because of complexity of expressions obtained, regarding last formulae, it is not possible to be published here.

The algorithm of the observed data processing, in accordance with the theory established so far, is shown in the figure below. In addition, the results obtained, which are compared with the measured data, are shown in the next figure. It is assumed that data presented are distributed in uneven manner.

Conclusion

In the present report, a method for satellite's orbit kinematic parameters determination, on the basis of uneven distributed observations, were presented. The main feature of the method is linearization of governing system equations. Therefore, the solution of these equations was found in relation to a small deviation from the reference trajectory, which is previously given.

During the computational process, a Sequential Least squares Method has been used. The choice between either Batch or Sequential filter depends on the current problem being solved. Also, it makes no difference in efforts which was put into when carrying out a research, using one of these methods.

References:

1. Tapley B. D., B. E. Schutz, G. H. Born. Statistical Orbit Determination, Elsevier Academic Press, 2004
2. Tapley B. D. Statistical Orbit Determination Theory, in Tapley, B. D., V. Szebehely, eds., recent Advances in Dynamical Astronomy, D. Reidel, hingham, Massachussets, 1973
3. Rim H., TOPEX Orbit Determination using GPS Tracking system, PhD thesis, The University of Texas at Austin, 1992
4. Tapley B. D., J. C. Ries. Precision Orbit Determination for Earth Observation Systems, in encyclopedia of Space Science and Technology, pp. 341 – 355, Whyllie and Sons, Hoboken, New Jersey, 2003.

ФРАКТАЛНИ МЕТОДИ ЗА ДИАГНОСТИКА НА ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ, ФУНКЦИОНИРАЩИ В УСЛОВИЯ НА ВИСОКА АПРИОРНА НЕОПРЕДЕЛИНОСТ

Антонио Андонов¹, Зоя Хубенова², Галина Чернева¹

¹ВТУ "Т.Каблешков", София

²Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: andonov@vtu.bg; zhubenova@space.bas.bg

FRACTAL METHODS FOR DIAGNOSTICS OF TECHNICAL OBJECTS OPERATING UNDER CIRCUMSTANCES, POSSESSED BY HIGH APRIORY AMBIGUITY

Antonio Andonov¹, Zoya Hubenova², Galina Cherneva¹

¹ Todor Kableshkov University of Transport, Sofia

²Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: andonov@vtu.bg; zhubenova@space.bas.bg

Key words: Fractals, fractal analysis, information, quality of the information.

Abstract: Under conditions of operation of automated objects with rapidly altering dynamic properties, and also in case of the amount of possible measurements is being limited, the problem, about the improving of diagnostic information quality, attains importance in particular. It is being expressed in terms of both accuracy and trust – worthiness increasing. In the paper hereby, a method for improvement of measurement information quality is suggested, in case of the measured physical quantities depend on either the time or each other. These are being described by means of either discrete or piecewise monotonic functions. That is, it is proposed in case of a large indefiniteness a priori, being based both on the model suggested usage and on the relatively new advances of the non –linear dynamics – chaos theory and fractal analysis.

Ключови думи: фрактали, фрактален анализ, динамичен хаос, фрактална апроксимация.

Анотация: В условия на функциониране на автоматизирани обекти с бързоизменяща се динамика, когато обема възможни измервания на даден обект е ограничен, особена актуалност придобива проблемът за повишаване качеството на диагностичната информация, изразяваща се в повишаването на нейната точност и достоверност. В статията е предложен метод за повишаване качеството на измерителната информация, за случаи когато зависимостта на измерваните физически величини от времето или една от друга се описват с прекъснати или локално негладки функции, т.е при голяма априорна неопределеност, основан на използването на модел, базиращ се на относително новите постижения на нелинейната динамика – теорията на хаоса и фракталния анализ.

1. Въведение в съвременното състояние и постановка на проблема

Една от основните задачи не само в инженерната, но и в много други дейности, се състои в това, по най-добър начин да се извлекат от наблюденията данни, необходими за вземане на решения. Тази процедура се нарича оценяване. Така например в комуникациите най-често характеристиките на предаваните съобщения се определят според информацията, извличана от приеманите сигнали, които представляват изкривени от шум и смущения модуляции на предаваните съобщения. Теорията на управлението, която се използва за създаване на автоматизирани системи за управление на обекти с различен характер, също се базира на наблюдения върху обкръжаващата среда. За да се използват методите за апроксимация и оценяване в конкретна инженерна задача, тази задача е необходимо да бъде формулирана математически на езика на теория на вероятностите и случайните процеси, в резултат на което да бъдат получени ефективни алгоритми за решаването ѝ. Разработването на ефективни алгоритми обикновено е възможно само в тези случаи, когато статистиката е нормална. Допускането за марковост на процесите, означаващо, че знанието за настоящето е отделно от миналото и бъдещето, което е допустимо за редица практически задачи,

често пъти не отговаря на обективната реалност. Теорията на решенията, базираща се на теория на оценяването използва баесовския подход при формиране на оценки, вземане на решения и анализ на грешките. При недостиг на априорна информация за оценяваните параметри се използва класическата оценка на максималното правдоподобие. При предположение, че са известни първите два момента на разпределение на сигнала и шума, въз основа на лемата за ортогонално проектиране и уравнението на Винер – Хопф се определя оптималната линейна оценка. За случаите на нелинейно оценяване, когато оценявания вектор на променливите на състоянието зависят от наблюдението, се въвежда уравнението на Фокер-Планк-Колмогоров, чийто приближени решения в частни производни за нелинейна филтрация в непрекъснати системи води до физически реализуеми алгоритми за изчисляване.

В много случаи обемът на възможните измервания е ограничен. Това ограничение може да бъде свързано с липсата на свободен достъп до обекта на измерване, с висока скорост на изменение на измерваните величини, с голямата цена на измервателната процедура и т.н. При това допълнителната информация за обекта на измерване на не може да се получи чрез допълнителни измервания.

Така възниква проблемът за максимално използване на наличната измерителна информация, т.е. проблемът за повишаване на нейното качество. Под качество на произволен обект се разбират обикновено показатели, характеризиращи неговата полезност. Информация за обекта на измерване е нужна в крайна сметка за приемане на управляващи решения. Затова качеството на измерителната информация е целесъобразно да се характеризира с показатели, описващи степента на нейната полезност за вземане на управляващи решения. Тези показатели могат да се разделят на четири групи:

- 1) характеризиращи точността на проведените измервания (метрологични);
- 2) описващи степента на достоверност на резултатите от измерването;
- 3) описващи интервала от време, протекъл от началото на измерването до получаването на резултата от потребителя (видно е, че колкото този интервал от време е по-голям, т.е. колкото повече е остаряла измервателната информация, толкова е по-ниско нейното качество);
- 4) характеризиращи удобната форма на представяне на измерителната информация.

В ситуации, когато няма възможности да се проведат допълнителни измервания, единствената възможност да се повиши качеството на наличната измерителна информация, е използването на априорна информация за обекта на измерване. Дадената априорна информация обикновено се формира във вид на математически модели на обекта на измерване. Ако такъв модел е зададен, повишаването качеството на измерителната информация се прави по следния начин: от начало се проверява съгласуват ли се резултатите от измерването с този априорен модел, а след това, в случай че се съгласуват, се определят параметрите на този модел. Обикновено се използват модели, в които зависимостта на различните величини една от друга и от времето се предполага, че е гладка, т.е. описват се с гладки, т.е. диференцируеми функции [1,2].

Целта на настоящата статия е да разгледа ситуацията, когато има ограничен обем измерителна информация. При това наличната измерителна информация е недостатъчна за точното определяне на статистическите характеристики на измервания процес. За тази цел обикновено се избира семейство случайни процеси, зависещи от неговия брой параметри (т.е. крайно-параметричен модел на случайния процес) и се определят параметрите на този модел по експериментални данни. Такъв процес е винеровият процес или негова модификация – процес, описан със стохастични диференциални уравнения. Ако този модел съответства на функцията на изследвания процес, резултатът на тази апроксимация води към съществено повишаване на качеството на измерителната информация. В друг случай, качеството на измерителната информация не може да се повиши – при използването за апроксимация случаен процес с малък брой параметри методичните грешка е много голяма (т.е. грешката, възникваща от разликата между модела и реалния процес) [3].

При използването за апроксимация на случаен процес с голямо число параметри, възниква същият феномен, както в случая с прекъснатата зависимост: Параметрите са много, затова точността на тяхното определяне по ограничен набор експериментални данни е недостатъчна.

Обобщавайки тези две ситуации (прекъсвания и локално негладко поведение) може да се направи следния извод: недостатъчната ефективност при използването на съществуващите модели за негладки процеси, с оглед повишаване качеството на измерителната информация, е свързана с недостатъчната адекватност на тези модели с реалните процеси.

2. Възможности за приложение на теорията на фракталите за повишаване качеството на измерителна информация

В последните десетилетия в математиката се появиха и успешно се използват нови математически модели за описване на негладки процеси: теорията на катастрофите за описване на

прекъснати процеси и теорията на фракталите за описване на процеси, които са локално негладки [4,5].

Общите постановки в теорията на фракталите са основани на сложни математически понятия за метричната размерност [4,5]. Те обобщават привичното за нас понятие за размерност (гладка крива – размерност 1, повърхност – размерност 2) на негладките обекти. Например, почти всички траектории на брауновия процес имат размерност 1,5. Фрактали се наричат множества, чиято размерност не е цяла.

Основните приложения на теорията на фракталите са свързани с конкретен клас процеси, а именно стационарни случайни процеси от специален вид. Този клас може да бъде характеризирен с едно от следните условия:

1. Средният квадрат на нарастване на процеса за време τ

$$M = ((x(t+\tau) - x(t))^2) = A\tau^\alpha$$

е свързан с интервала на корелация τ чрез степенна зависимост. Тогава спектралната плътност на процеса се определя от честотата $S_x(\omega) = B\omega^\beta$.

2. Процесът притежава свойството мащабна инвариантност: при изменение на единиците на измерване на времето може така да се измени мерната единица, че в новите единици вероятностната мярка да се изразява със същите формули, както и в старите.

Фракталната апроксимация се прилага и при друга ситуация – априорна неопределеност, когато наличните резултати от измерването са недостатъчни за определяне на статистическите характеристики на изследваните процеси.

Може да се покаже, че при тези условия за произволен критерий за оптималност, удовлетворяващ някакви разумни условия, оптимална в смисъл на този критерий ще бъде фракталната апроксимация.

Под критерий за оптималност ще се разбира изображение, което за всяка двойка a, b семейства на m -параметрични случайни процеси показва или, че a по-добро от b (обозначава се $b < a$), или, че b е по-добро от a ($a < b$), или, че a и b от гледна точка на този критерий са равностойни ($a \sim b$). По смисъл на отношенията $<$ и $\sim$ са длъжни да удовлетворяват за всяко a, b и със следните условия:

- 1) $a < b$ или $a \sim b$ или $b \sim a$
- 2) ако $a < b$ и $b < c$, то $a < c$;
- 3) ако $a < b$ и $b \sim c$, то $a < c$;
- 4) ако $a \sim b$ и $b < c$, то $a < c$;
- 5) ако $a \sim b$ и $b \sim c$, то $a \sim c$.

Двойката отношения $<, \sim$, удовлетворяващи условията 1) – 5), се наричат отношения на линейния порядък. Затова формализацията на понятието “критерий за оптималност” се представя като отношение на линейния порядък върху множеството от всички m -параметрични семейства от случайни величини [4].

Необходимо е критерият за оптималност да удовлетворява следните условия:

1. Критерият да бъде силен, т.е. да отделя единственото най-добро семейство от процеси. Ако той не отделя такова семейство, той може да се доуточни до по-силен критерий, като се отчете някакво допълнително свойство на семействата от процеси.

2. В условия на пълна априорна неопределеност е нужно да се ограничим само с критериите, не зависещи от единиците за измерване на променливите величини x и t , както и от стойностите на x и t , приети за начало на отчета.

Така например, ако $a < b$ и a', b' се получава от a, b чрез замяна $s \rightarrow st+d$ и $x \rightarrow Cx+D$, то $a' < b'$.

Да въведем следните определения:

Определение 1: Ще считаме, че две семейства случайни процеси съвпадат, ако съвпадат множествата от всички реализации на всички процеси в семействата.

Определение 2: Коректен критерий за оптималност на m -параметричното семейство случайни процеси, ще наричаме всеки линеен предпорядък на множеството на всички тези семейства, при които:

- 1) съществува единствено най-добро семейство,
- 2) за произволни s, d, C, D , ако $a < b$, то $a' < b'$, където a', b' се получават от a, b чрез субституцията $s \rightarrow st+d$ и $x \rightarrow Cx+D$.

Горните определения определят приложимостта на следната теорема: За еднопараметричните семейства ($m=1$) не съществуват коректни критерии за оптималност; за двупараметрични семейства ($m=2$) за който да е коректен критерий за оптималност моментите на първите два порядъка на семействата на случайните процеси съвпадат с моментите за семействата фрактали, т.е.

$$E(f(x)) = 0, E((f(x) - f(y))^2) = A(x - y)^\alpha,$$

където α е числен параметър (наричан скейлинг).

Изборът на скейлинга α може да бъде осъществен на базата на отчитане на физични съображения, или въз основа на статистически анализ на експериментални данни.

Така например при обработка на комуникационни сигнали, в случай, когато е необходимо да се възстанови изходният сигнал $x(t)$ от сместа сигнал-шум $y(t) = x(t) + \xi(t)$, за описание, както на сигнала, така и на адитивния шум $\xi(t)$, може да се използва фракталната апроксимация $S_x(\omega) = B\omega^\beta$, $S_\xi(\omega) = B\omega^\beta$. Тогава оптималният метод на корекция (т.е. оптимален винеров филтър) ще бъде преобразованието:

$$\tilde{x}(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{1 + D\omega^\delta},$$

където $y(j\omega)$ е преобразоване на Фурие от коригираната стойност, а $\tilde{x}(j\omega)$ - преобразоване на Фурие от оценката.

Параметрите D и δ се определят от параметрите на фракталната апроксимация: $D=C/B$. В частност, при цели δ получаваме известната процедура на тихоновата регуляризация [6]. Следователно, при мащабно инвариантни процеси, а също в условия на априорна неопределеност оптималният метод на корекция на динамичната съставляваща на грешката е тихоновата регуляризация или нейна модификация.

За използването на фракталната апроксимация на измерваните процеси е необходимо по резултатите на измерването да се определят техните параметрите B, β . За тази оценка е целесъобразно да се използва асимптотично оптимален метод на оценка на параметрите на вероятностното разпределение – методът на максималното правдоподобие, т.е. условието

$$P \rightarrow \max_{B, \beta},$$

където p е вероятностната плътност за това, че при зададени B и β , съответстващата реализация на случайния процес води до измерената стойност на $x(t_i)$.

Ако се предположи, че изследваният процес е гаусов и стационарен, то неговите честотни компоненти $x(j\omega)$ са независими и всяка от тях е разпределена по нормален закон с дисперсия

$$P = \prod_{i=1}^n \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi B\omega_i^\beta}} \exp \left(-\frac{x^2(j\omega_i)}{2B\omega_i^\beta} \right) \right),$$

където $x(j\omega_i)$ – е стойността на преобразованието на Фурие от $x(t_i)$.

Премахвайки от постановка $P \rightarrow \max$ към равносилната, но по-удобна за анализ постановка $\ln p \rightarrow \min$, получаваме:

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \ln(B\omega_i^\beta) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{x^2(j\omega_i)}{B\omega_i^\beta} \rightarrow \min_{B, \beta}.$$

Като се диференцира по B и приравни производната на нула, се получава явен израз за B в термините на β :

$$(1) \quad B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x^2(j\omega_i)}{\omega_i^\beta}.$$

Като се диференцира по β , приравни на нула и подмени B с равенство (1), се получава следният израз за определение на β :

$$(2) \quad \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln \omega_i - \frac{\beta \sum_{i=1}^n \frac{x^2(j\omega_i) \ln(\omega_i)}{\omega_i^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{x^2(j\omega_i)}{\omega_i^\beta}} = 0$$

В резултат може да се предложи следният метод за определяне на параметрите B, β на оптималната фрактална апроксимация:

- 1) осъществява се преобразованието на Фурие за резултата от измерването $x(t_i)$, т.е. от времевата $x(t_1), \dots, x(t_n)$ преминаваме към честотната област $x(j\omega_1), \dots, x(j\omega_n)$;
- 2) определяме β от уравнение (2);
- 3) определяме B по формула (1).

Получените резултати могат да се използват за корекция на динамичната съставляща на грешката.

3. Изводи

В условия когато обемът възможни измервания на даден обект е ограничен, особена актуалност придобива проблемът за повишаване качеството на измерителната информация, изразяващо се в повишаването на нейната точност и достоверност. Известните методи за тази цел са ефективни, когато предварително е известно, че зависимостта на измерваните физически величини от времето, или една от друга, се описват чрез диференцируеми, респ. гладки функции. Когато тази зависимост е прекъсната или локално негладка, качеството на измеримата информация е възможно да се повиши чрез използване на модели, основани на относително новите постижения на математиката – теорията на хаоса и фракталния анализ. Предложеният подход в настоящата статия за повишаване качеството на измерителната информация не само води до повишаване на нейната точност и достоверност, но позволява и по-компактно и удобно представяне.

Литература

1. Д е й в и д Г. Порядковые статистики. М.Наука, 1989.
2. С е й д ж Э., Дж. М е л с. Теория оценивания и ее применение в связи и управленя. М. Связь. 1979.
3. Т и х о н о в В.И. Нелинейные преобразования случайных процессов. М.Радио и связь,1986.
4. R o o t W.L. Remarks on Signal Detection and Signal Parameter Estimation. Universiti of Michigan. MI 48109, USA.2003.
5. T h o m R., B. M a n d e l b r o t. Fractal geometry. San. Fr. 2005.

Session 3

***Remote Sensing
and
Geoinformation Systems***

Chairman: Sen. Res. Eugenia Rumenina
Secretary: Tsveta Srebrova

ГЕОДИНАМИКА НА БЪЛГАРИЯ

Хернани Спиридонов¹, Владимир Макаров²

¹Институт за космически изследвания – Българска академия на науките;

²Институт по геоестрология – Руска академия на науките

e-mail: kspiridonov@space.bas.bg; makarov@geoenv.ru

Ключови думи: Геодинамика, новата глобална тектоника, еволюция на Земята, Балканския полуостров, Източното Средиземноморие

Резюме: В първата част на публикацията се разглеждат някои основни въпроси на геодинамиката, възникнала през 60-те години на миналия век и тясно свързана с появата и развитието на новата глобална тектоника. В своето развитие геологията и в частност и геоморфологията са били описателни и обяснителни науки. Съществуващите или последователно създаваните през отделни етапи от тяхното развитие частни теории не създадоха единен възглед или обща геоложка концепция за генезиса и еволюцията на Земята. Геоложките явления и събития протичат за милиони години и далеч не могат да се възпроизведат при различни лабораторни експерименти и наблюдения. Всички явления и събития, свързани с генезиса, еволюцията и възрастта на Земята имат физическа същност и използвайки фундаменталните закони на физиката може да се създаде непротиворечив модел на тази еволюция като цялост или на отделни нейни сегменти и локалитети.

На базата на различни литературни източници основните принципи на геодинамиката се заключават в следното: Земята е физично тяло, което се развива в съответствие с основни физични закони; Земята и нейните обвивки (кора, мантия и ядро) представляват единна геодинамична система; Основните източници на енергия и фактически нейната тектонска активност се намират вътре в Земята; Геодинамичната еволюция на Земята е задължително да се разглежда съвместно във времето и пространството; Съвместно разглеждане на химичните и механичните процеси, които се осъществяват в недра на Земята; Геодинамичната активност на Земята е неравномерна във времето и пространството и се предполага, че съществува периодичност в главните етапи от нейната еволюция.

По нататък се разглеждат някои общи представи за субдукционно-колизийните условия на източното средиземноморие през палеогена и неогена. също така се обсъжда палеогеодинамичното развитие на българските земи през херцинския орогенен етап. На базата на стратиграфски, магматични, металоетрични и метаморфни условия на лавразия, в който континент българската плоча е неразделна част, се обсъжда идеята, че южната половина на лавразия всъщност е представлява активна континентална окрайна (андски тип) и през този орогенен етап реално се създава суперконтинентът пангея-2, простиращ се от полюс до полюс подобна представа се обсъжда и от други изследователи, което е посочена в текста и в литературата.

GEODYNAMICS OF BULGARIA

Hernani Spiridonov¹, Vladimir Makarov²

¹Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences;

²Institute of Environmental Geoscience – Russian Academy of Sciences

Key words: Geodynamics, new global tectonics, evolution of the Earth, Balkan Peninsula, East Mediterranean region

Abstract: The first part of the publication considers some basic problems of geodynamics – a science that emerged in the 60-ies of the last century in close relation with the origin and development of the new global tectonics. Geology and geomorphology in particular, have been descriptive and explanatory sciences in the course of their development. The existing or the subsequently created during the single stages of their development partial theories had not created a unified idea or a general geological conception about the genesis and evolution of the Earth. The geological phenomena and events proceed in the course of millions of years and are far from being reproduced in different laboratory experiments and observations. All phenomena and events related with the genesis, evolution and age of the Earth have a physical essence and using the fundamental laws of physics a consistent model could be created for this evolution as a whole or for its single segments and localities.

On the ground of different literature sources the basic principles of geodynamics are reduced to the following: the Earth is a physical body, which is developed in conformity with fundamental physical laws; the Earth and its envelopes

(crust, mantle and core) represent a unified geodynamic system; the main energy sources and actually its tectonic activity are found inside the Earth; the geodynamic evolution of the Earth has to be obligatorily considered in both time and space; the chemical and mechanical processes occurring in the Earth interior have to be considered together; the geodynamic activity of the Earth is irregular within time and space and it is supposed that periodicity exists in the main stages of its evolution.

Further on, some general ideas about the subduction-collision conditions of the East Mediterranean area during the Paleogene and the Neogene are considered. The paleogeodynamic development of the Bulgarian lands during the Hercinian orogenic stage is also considered. On the basis of stratigraphic, magmatic, metallometric and metamorphic conditions of Laurasia, the Bulgarian plate being an indivisible part of this continent, the idea is discussed that the left half of Laurasia represented in fact an active continental periphery (of the Andian type) and that during this orogenic period the supercontinent Pangea 2 was actually created that spread from one pole to the other. A similar idea is also considered by other researchers, as shown in the text and in the references.

Увод

Геодинамиката е относително нов раздел на геологията. Тя възникна през 60-години на миналото столетие и е тясно свързана с появата и развитието на новата глобална тектоника. В своето развитие геологията и в частност и геоморфологията са били описателни и обяснителни науки. Съществуващите или последователно създаваните през отделни етапи от тяхното развитие частни теории не създадоха единен възглед или обща геологическа концепция за генезиса и еволюцията на Земята. Независимо, че при изследването на развитието на Земята се използваше обективно целият комплекс от знания на всички значими и достоверни факти от нейната област, те в по-голямата си част оставаха в сферата на предположенията и най-често не издържаха теста на количествените оценки, експерименти или наблюдения. От друга страна не трябва да се забравя, че геологическите явления и събития протичат за милиони години и не винаги могат да се възпроизведат при различни лабораторни експерименти и наблюдения. Всички явления и събития свързани с генезиса, еволюцията и възрастта на Земята имат физическа същност и използвайки фундаменталните закони на физиката може да се създаде непротиворечив модел на тази еволюция като цялост или на отделни нейни сегменти.

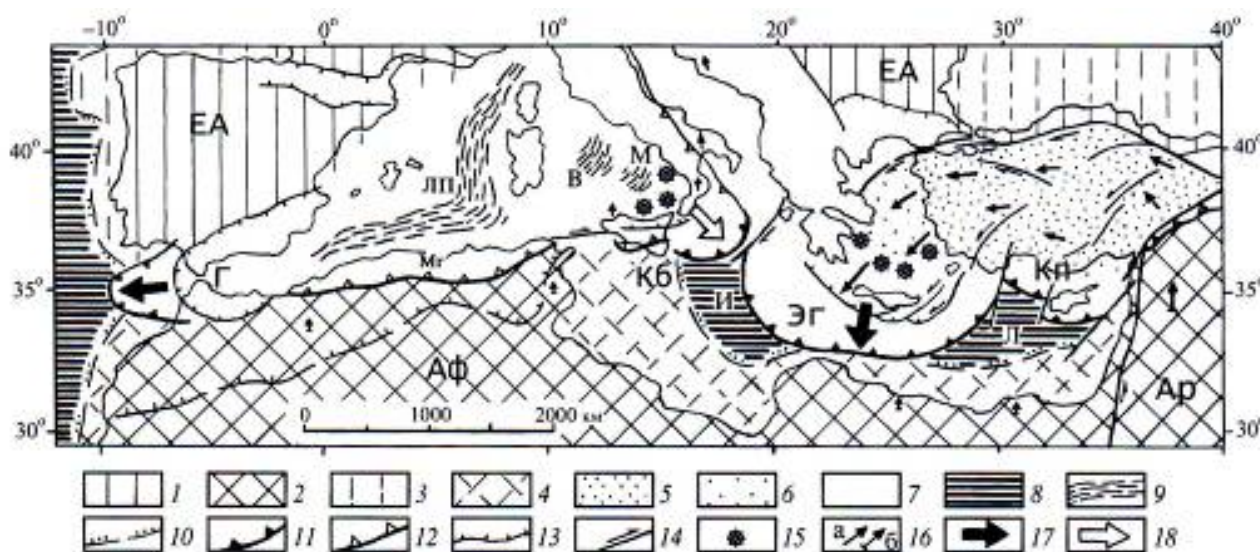
На базата на различни литературни източници, основните принципи на геодинамиката се заключават в следното: Земята е физическо тяло, което се развива в съответствие с основни физически закони; Земята и нейните обвивки (кора, мантия и ядро) представляват единна геодинамическа система; основните източници на енергия на Земята и нейната тектонска активност се намират вътре в нея; геодинамическата еволюция на Земята задължително се разглежда съвместно във времето и пространството; съвместно се разглеждат химическите и механическите процеси, които се осъществяват в недрата на Земята; геодинамическата активност на Земята е неравномерна във времето и пространството и се предполага, че съществува периодичност в главните етапи от нейната еволюция (Аплонов, 2001).

В светлината на горните идеи и постановки се прави опит да се разгледа геодинамиката на Балканския полуостров като част от Източното Средиземноморие.

1. Общи представи за субдукционно-колизийните условия в Източното Средиземноморие

Поглъщането на океанската литосфера в зоните на субдукция представлява главният механизъм за съкращаване на пространството между континенталните плочи при тяхното насрещно движение. Наблюденията върху Източното Средиземноморие показват, че някои сегменти на субдукционния пояс продължават своето развитие и след началото на междуконтиненталната колизия. Продължава субдукцията само в тези участъци, които се оказват затворени между инденторите (издатините) на потъващата континентална плоча, където се запазват реликтови океански басейни. Обаче в тези случаи субдукцията в голяма степен има друго развитие. Особеностите на субдукцията в реликтовите басейни на междуконтиненталния орогенен пояс се определят според редица изследователи от три главни причини: преустройство на субдукционната кинематика, въздействието на съседните колизийни структури и ограниченост на пространството, в което се развива субдукцията. Последствията от тези въздействия се изразяват в тектониката, проявленията на метаморфизма и магматизма (Dewey, 1980, Lomize, 1988, 2004; Yilmaz, 1993, Robertson, 2000, Keay & Lister, 2002; Jolivet et al., 1998, и др.). Общо взето доколизийната история на Средиземноморието през мезозоя и ранния кайнозой е много добре изучена и известна. Субдукцията се е развивала между пасивната Африкано-Арабска крайнина на юг и активния Евразийски край на север, където се създава обширен акреционен пояс. Последователното съкращаване на океана довежда до това, че в края на средния еоцен Арабският индентор (издатък) достига до този акреционен пояс (Yilmaz, 1993; Короновский и др. 2003) и поставя началото на междуконтиненталната колизия. От среден еоцен източната половина (Иран и Хималаите) на океанската кора на Тетиса е напълно субдуцирана и остава да съществува само неговата западна половина. Тази западна

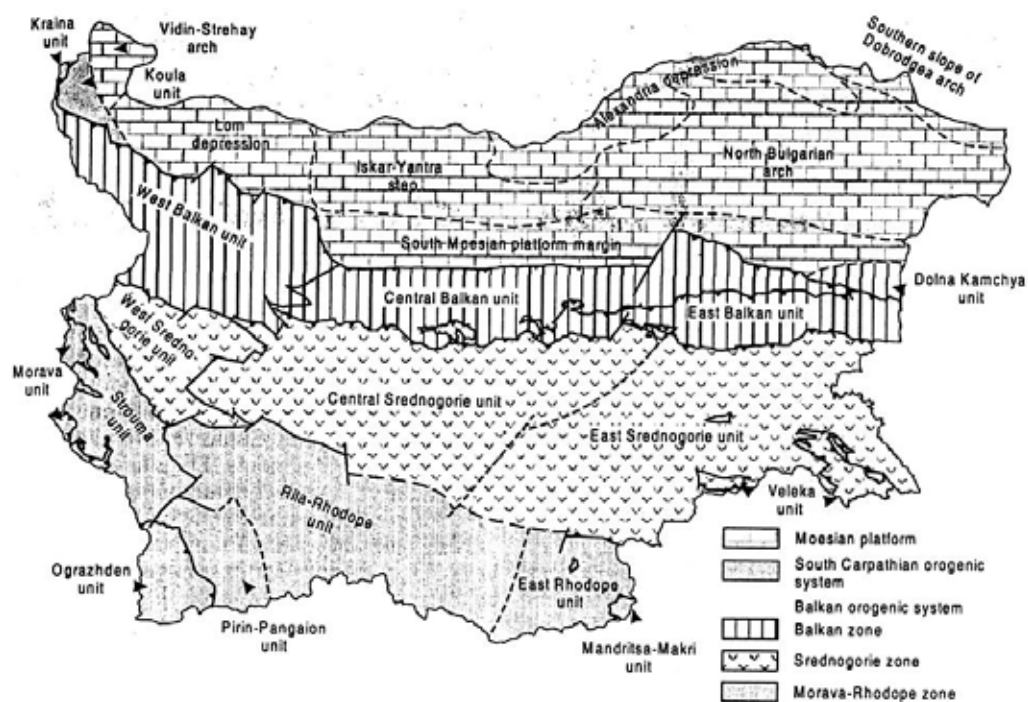
половина е днешното Средиземно море, типичен реликтов океански басейн от Тетиса, заедно със зоните на субдукция по неговата северна крайнина (Гибралтарска, Калабрийска, Егейска и Кипърска) фиг. 1.



Фиг. 1. Съвременна тектоника на Средиземно море: заключителен етап на затваряне на океанския басейн Тетис и образуване на междуконтинентален орогенен пояс. По Ломизе, 2004. Зони на субдукция: Г- Гибралтарска, Кб – Калабрийска, Ег – Егейска, Кп – Кипърска. Литосферни плочи: ЕА – Евразийска, Аф – Африканска, Ар – Арабска. 1, 2 – континентални огради на алпийския орогенен пояс: евразийска (1) и африкано-арабска (2); 3, 4 – същото, но под съвременните морета; 5, 7 – орогенният пояс, в това число и Егейско-Анадолската плоча на сушата (5) и под морето (6); 8 – реликтови басейни на океанската кора на Мезозойския Тетис (И – Йонийски, Л – Левантийски); 9 – новообразувана океанска кора в областите на заддъговия спрединг в кайнозойските басейни: Алжиро-Провански (А-П), Вавилов (В) и Марсилски (М); 10 – пасивни континентална крайнини; 11, 12 – зони на субдукция: активни (11) и завършили своето развитие (12); Мг – Магребски фрагмент на Западно-Средиземноморската палеозона на субдукция; 13 – навлачи; 14 – отсеци, 15 – активен субдукционен вулканизъм; 16 – хоризонтални движения относно Евразия съгласно GPS (а) и NUVEL-1 (б), за мащаб служи векторът на Арабската плоча (2.5 см/г); 17, 18 – откат на зоната на субдукция: продължаваща (17) и прекратена (18)

2. Кратка палеотектонска характеристика на територията на България

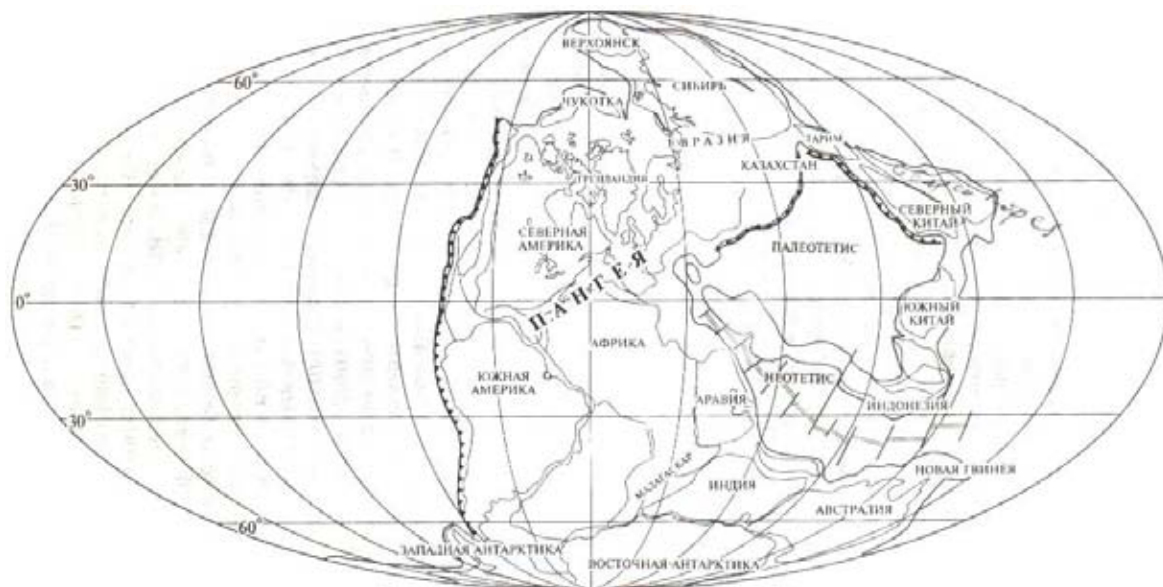
Според последните тектонски идеи на колектив български тектоници на територията на България се наблюдават части от две големи тектонски единици: северната част на Алпийския навлачен пояс на Балканите и неговия форланд-Мизийската платформа. (Dabovski et al., 2002; фиг. 2). Алпийският навлачен пояс представлява натрупвания на северновергентни навлачни пластини (шариажи), които постепенно са се развивали през многобройните колизии и свързаните с тях компресионални събития. Тези компресии са станали в края на горния триас, средна юра, средна креда, горна креда и средноеоценско време. Финалните етапи в еволюцията на пояса са регистрирани от системата на терциерните вътрешнорогенни екстензионални басейни. Алпийският навлачен пояс се подразделя на две орогенни системи: Южни Карпати и Балканиди. Балканската орогенна система се разделя на три тектонски единици: Балкани, Средногорие и Мораво-Родопска зона. На изчертаната схема в тяхната публикация са посочени главните зони (суперединици), единици и субединици. По същество това са реално геоморфоложки или морфоструктурни зони, но не и тектонска схема на плейтотектонска основа.



Фиг. 2. Тектонска схема на България (по Dabovski et al. 2002)

2.1 Кратка палеодинамика на българските земи през Херцинския орогенен етап

По южната периферия на Източноевропейската платформа (Балтика) в резултат на Варийската орогенеза се формира гигантският Вегенеров суперконтинент Пангея-2, обединяващ мегаконтинентите Гондвана и Лаврусия, простиращи се от полюс до полюс. Обединението се осъществява поради колизията между Западна Гондвана и Лаврусия, южно от Северна Америка и Западното Средиземноморие. Колизията се съпровожда с мощни тектонски деформации, гранитоиден магматизъм, метаморфизъм и орогенеза в целия колизионен пояс от Северно Мексико до Централна Европа.



Фиг. 3. Палеотектонска реконструкция за късен Перм (269 – 248 Ма; по Короновский и др., 2006). Линиите на външния контур са граници на континентите по зоната на шелфа, вътрешните линии са съвременните граници на континентите и големите структури.

1. - зона на субдукция; 2. - рифтови зони и трансформни разломи

През перма продължава тенденцията от карбона и тя завършва с присъединяването към Пангея-2 на Казахстан и Сибир.(Лавразия). На изток от този гигантски суперконтинент се простира огромният клиновиден залив на Мезотетиса. Последният е западно разклонение на океана Панталаса-Пацифика; (Короновский и др.,2006). В този огромен залив на Мезотетиса на изток от Гондвана са съществували микроконтиненти (бордерленди), откъснати от Гондвана, които последователно са се причленявали към южната крайнина на Лавразия. В техния тил започнал да се разкрива Неотетисът. Всъщност тази ивица от бордерленди, която се отделя от Гондвана и започва да се движи на север към Лавразия, се състои от Южен Тибет, Афганистан, Иран, Турция (Киршехир, Мендерес), Пелагония (Атико-Цикладската област и Пелагония). Южно от тези бордерленди се заражда Неотетисът, който на югозапад опира до северна Африка, Арабия, Индостан и по на изток Австралия и Нова Гвинея. Всички тези микроконтиненти през перма са се намирали южно от екватора в тропика, което определя и аридния климат и червеникавото оцветяване на всички утайки. (Короновский и др., 2006). Южната крайнина на Лавразия през горен карбон и перма е започвала южно от днешния Дардански масив, (реално Българската плоча), Степен Крим, Голям Кавказ, Централен Афганистан, Памир, Северен Тибет и до Цинлин в Китай.От Лавразия на юг до бордерлендите ширината на Палеотетиса е надхвърляла повече от 4000 km. (Короновский и др., 2006). Според горните автори северната периферия на Лавразия е представлявала субдукционна зона от андски тип, т.е. активна континентална крайнина. Горнокарбонските (вествал, стефан) и раннопермските седименти са развити в типичен континентален фациес. Най-широко разпространение пермските седименти имат в Стара планина и Предбалкана, установени са още в Мизийската платформа, Крайще, Средногорието и в Странджа (Чунев, 1968; Янев, 1986; Чемберски и др., 1996, Maslarevic & Krstic, 1997;Yanev, Khrishev, 1999). Тези формации се разглеждат в по-старите публикации като орогенни. Те се разглеждат като заключителен стадий в развитието на херцинската геосинклинала и се обединяват в единен седиментно-магматогенен комплекс. Последните отложения имат моласов характер (лимнично-въгленосен и наземно-ефузивна субформация). Тектонските движения, започнали още през горния карбон продължили до горен перм, довели до формиране през късния перм на планински ороген с висока, силно разчленена суша, където се създават условия за образуване на отделни басейни със специфична континентална седиментация с делувиялен, пролувиален и алувиален характер на прибрежната равнина. В някои участъци езерни и даже еолови отложения. (Янев, 1969; Чемберски и др.,1996). Може още да се допълни, че седиментацията се осъществява в два основни типа: 1) във водна среда като на отделни места се унаследяват горнокарбонските лимнични басейни, които нагоре се сменят с груби брекчоконгломерати, конгломерати, пясъчници, алевролити и аргилити с типичен червеникав цвят, характерен за ариден пустинен климат; 2) върху сушата се отлагат най-често фангломератов тип кластити, придружени с анхидрид и гипс. Дебелината на седиментно-вулканогенния комплекс достига до 3-4 км на отделни места. (Средогрив, Драганица-Лютаджик, Свети Илийските възвишения).Най-широко разпространение младопалеозойските вулканити имат в ядките на старопланинските и предбалканските антиклинали. Вулканизмът има предимно калциево-алкален характер и той еволюира най-общо от базичен към кисел, като са установени три фази. Първите две фази са главно линеарни ефузии, докато в третата фаза се наблюдават предимно централни вулкани и субвулкански екструзии (Чунев, 1968). На юг от периферията на Лавразия е съществувала активна междуконтинентална крайнина с ламинарен режим (Андски тип), което се потвърждава не само от моласовите утайки, но и от разпространението на вулcano-плутоничния пояс с калциево-алкален характер Той се разкрива в Предбалкана, Стара планина, Средногорието, напоследък се доказва и в Родопите, Крайще и Дарданският масив.

Най-забележителната особеност на тази епоха в глобален аспект (късен карбон-ранен перм; 290-270 Ma) е широкото развитие на вулcano-плутонически комплекси, образуващи дълъг пояс от северните участъци на Южна Америка, Мароко (Северна Африка), южната и средна половина на Европа; Иберия, Франция, южните участъци на Англия, п-в Корнуел, Германия, Полша, пространството на Алпите, Карпатите, Балканите, Скитската платформа, Предкавказието, Южнотуранската плоча, Централен Казахстан, Южен Тянь-Шан, Руден Алтай и Монголо-Охотската нагъната област. Трябва да се отбележи, че херцинския фундамент в Карпатите реално се открива във външната част на Предкарпатската депресия (прогиб), разположена на Източноевропейската платформа и представлява т.нар. Келецко-Добруджанско палеозойско нагънато съоръжение (Смирнова, 1984).Този североизточен херцински клон още през 1955 и по-късно през 1960 беше наречен от Д.Яранов Външни Палеокарпатиди или Босфориди и продължава от Добруджа на изток през Скитската платформа (Степен Крим), Ставрополското издигане и продължава на изток в Южнотуранската плоча. Те са установени по дълбоко сондиране и геофизически проучвания.

В този глобален херцински ороген много ясно е проявена магматична и металогенна полярност, която се изразява с увеличение на алкалността в дълбочина на Лавразия. В южна Англия са установени алкални базалти и ивица от гранити на Корнуелския полуостров (280 Ma), къснопалеозойски левкократни и двуслюдени гранити са установени в западната част на Иберийския

полуостров, Централния и Армориканския масиви във Франция, също и риолити; в Полско-Германската равнина са проследени две ивици от алкални риолити и андезит-базалти. В пределите на разкриващите се херциниди на Средна Европа и в Алпите на много места са установени предимно андезити, риолити и игнимбрити, в Чешкия масив предимно гранити и гранодиорити (275-295 Ma) Също се наблюдават в Карпатите, Панонската низина, на територията на България, особено в Стара планина и Средногорието се срещат крупни масиви предимно с гранодиорит-гранитов състав (Клисурски- 332±7 Ma, Петрохански-307 Ma, Пейчева и др., 2006; Средногорските -289.5±7.8-312.0±5; Carrigan et al., 2005; 2006) Тук специално бих прибавил Халкидикските, Скрътският в Беласица, (248.85±0.70 Ma) и Игналищенския в Огражден (240±13 Ma) гранити (De Wet et al., 1989; Zidarov et al., 2002; Peytcheva et al., 2005), които са разпространени в Сърбо-Македонския масив, така също и в Родопския масив (Cherneva et al., 1991; Peytcheva, A.v.Quadt, 1995 Пейчева, И., 1997; Arkadaskiy et al., 2000; Peytcheva et al., 2000; Liati et al., 2005). През Средна и Централна Азия те достигат до брега на Охотско море (Зоненшайн и др., 1976; Смирнова, 1984, Короновский и др., 2006) В тилната част на херцинския колизионен ороген се формира огромният за Западна Европа моласов въгленосен басейн от Южен Уелс през северна Франция, Белгия, Рурският басейн в Германия и завършващ в Чехия и Полша (Силезският басейн).Тук може да се добави и Донбас. Може да се заключи, че активната континентална крайнина на Лавразия, имаща дължина над 2.500-3000 km, от северната част на Южна Америка до Кавказ и средна ширина между 500 и 800 km реално в края на перма се обединява с Гондвана и образува супергигантският континент Пангея-2 и паралелно в източната половина на Гондвана се залага началото на образуване на Неотетиса. На изток от Балканите продължава да съществува остатъкът от Палеотетиса, дълбок залив на Панталаса (Палеопацифика), който вероятно може да бъде наречен вече Мезотетис.

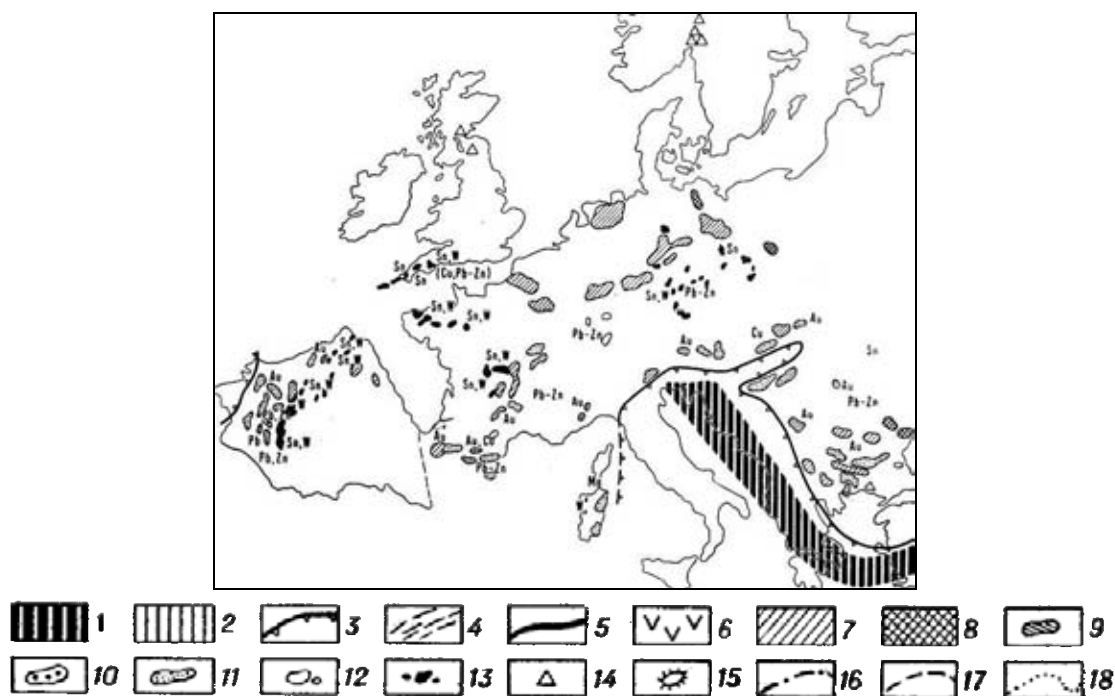


Рис. 4. Палеотектонска схема на Средна и Западна Европа за късния Карбон-ранния Перм (290 – 270 Ma; по Зоненшайн и др., 1976)

1 – басейни с кора от океански тип, 2 – басейни с кора от преходен тип, 3 – контури на морски „тилови“ депресии, 4 – дълбоки теригенни депресии на местата на окраинните морета, 5 - ограничения на океанските басейни; 6 – 8 прояви на вулканизъм (6 – островодъгов калцево-алкален, 7 – калцево-алкален на активните крайнини на континентите, 8 – алкален-бимодален),9-габбро-плагиогранити, 10- тоналит-гранодиорити,11–гранит–гранодиорити, 12-диорит- монзонити, 13 – стандартни и литии – флуористи гранити,14 – аегаитови и алкални скали,15 – алкално – ултраосновни комплекси, 16 – разломи, 17 – граница на по-късните евгеосинклинални зони, 18 – граница на платформеното чехло.

Според Янев (1986), варийското моласонатрупване започва от горен визе (среден долен карбон) и продължава до края на перма. Във формационно отношение той различава горна и долна моласа. Долната моласа е образувана до началото на перма и върху нея са оказали значително влияние структурообразователни процеси. Горната моласа е слабо сортирана и недиференцирана, което се дължи вече на оформения издигнат ороген и неговото разчленение поради блокови движения. Според горния автор варийският ороген се е простирал диагонално през Балканския полуостров с

посока СЗ-ЮИ. В пределите на орогена са наблюдава тенденция на миграция на вътрешните моласови басейни от юг на север и той отбелязва наличие на вътрешнопланински грабен-синклинали (грабени), предпланински и задпланински понижения. Като се имат предвид огромните пространства на херцинския ороген от Южна Англия до Българската плоча (южната част на Лавразия) и голямото разпространение на вулcano-плутонични комплекси в цяла Европа, включително и в България, едва ли е удачно подобно уточнение. В схемата се допуска, че на юг е съществувала суша и това е Родопският масив. Последният извод е в противоречие с данните на други изследователи и най-вече с редица турски данни (Ketin, 1984; Okay, 1984a). В северна Турция се простира над 1000 km комплексът Каракая, който представлява деформирана и метаморфозирана последователност от базични вулкански скали, варовици и грауваки с пермо-долнотриаска възраст и покрита трансгресивно от средно-горнотриаски и лиаски конгломерати. (Bingol and others, 1975). Те са отделени от Истанбулската зона или Истанбулския наvlak на Sengor and others (1984a) посредством Интрапонтидната сутура (Okay, 1986). Вероятно може да се предположи, че комплексът Каракая представлява вулканическият пояс на Мезотетиса и това е реално активната окрайнина на Лавразия, под който континент под малки ъгли е субдуцирала младата океанска кора на Мезотетиса. Важна информация за геодинамичните събития след края на карбон-ранния перм може да се отбележи в статията на Чемберски и др., (1996). В случая северно от вулканическия пояс на Мезотетиса се е простирал херцинския ороген от южната окрайнина на Лавразия до Южна Англия. В този ороген очевидно не можем да търсим вергенции, което е в тясна връзка с липсата на интензивно херцинско нагъване и реално има по-скоро не тектогенно консолидиране, а предимно интрузионно. Този извод, по-горе се потвърждава и в палеотектонската схема за Средна, Западна Европа и Балканския полуостров за късния карбон-ранния перм от Зоненшайн и др., (1976). Фиг. 4. Както те отбелязват в цялото това пространство се наблюдават наложени структури, изпълнени с моласа, често въгленосна и субсеквентен вулканизъм. По своите особености Херцинският ороген, както в Европа така и в Апалачите на Америка, се характеризира с типичен ламинарен режим, подобен на Андите. Неговото развитие от самото начало се съпровожда с изливане на калциево-алкална лава, предимно андезити и риолито-дацити и внедряване на батолити с диоритов и гранитоиден състав. Съвършено друга фациална картина се разкрива като ивица по западната част на Балканския полуостров (Динаридите), южната част на Източните Алпи (Карнските Алпи и Караванка). За този регион е характерен морски горен палеозой, сменящ долния карбон без прекъсване. Тук морските утайки са преимуществено теригенни с флишоподобен характер. В Босна от това време са известни спилити. Тази зона се разглежда от редица автори като къснопалеозойска евгеосинклинала, т.е. като типична субдукционна зона. По такъв начин в южна Европа по разкритията на морски теригенни седименти може да бъде реконструиран края на континента, реално континенталния му склон и субдукционната зона на Мезотетиса. На север от тази субдукционна зона в пределите на активната континентална окрайнина се наблюдава зонално разположение на магматизма. В непосредствена близост до континенталния склон са концентрирани предимно гранит-гранодиоритови интрузии (тип Стара планина). По на север следва друга широка ивица от редкометални гранитоиди (Рудните планини, Централният масив, Бретан, Корнуел). Тази широка ивица съвпада с главния пояс на вулканити, които имат предимна калциево-алкален състав. Към периферията е магматичният ареал на Средна Европа и тук са разпространени главно магматити с алкален и субалкален състав (грабен Осло), северна Германия и Полша, Силезко-Краковските възвишения, Мизийската платформа. Металогенната зоналност е също подчинена на магматичната. Всички тези данни сочат или определят, че в късния палеозой Европа е принадлежала към континентална окрайнина от андски тип (Nikolas, 1972; Зоненшайн и др., 1976; Короновский и др., 2006). Бих искал да добавя, че още през 1955 и през 1960 години Д. Яранов задава въпроса какъв е тектонският стил на Херцинския тектоген в Югоизточна Европа и посочва, че той не е алпинотипен, тъй като липсват характерните за този стил навлаци. Този стил също така не е и юротипен. Тези явления не се наблюдават нито в Америка, нито в Европа. Той смята, че този стил е специален и може по-точно да се говори за херцински интрузионен стил. (стр.176). През 1983 г. в своята монография «Тектоническите обстановки геосинклинального вулканизма» Ломизе, извършвайки палеотектонски анализ на проявите на вулканизма в Андите посочва, че техният вътрешен строеж се характеризира с германотипни деформации, полегати огъвания и блокови движения (стр.173). В същия дух отбелязва и Янев (1986), че варийското моласонатрупване в България започва от горен Визе и продължава до края на перма. Моласата, която се отлага се състои главно от грубокластични и кластични комплекси с континентален и плитководен крайморски характер, на места асоциираща с вулкански и вулканокластични продукти. Тя се състои от нискокристалинни скали, интрузиви, вулканити и разнообразни старопалеозойски скали и те представляват разрушаващ се нископланински морфоген. По генезис това са предимно алувиални, пролувиални, лимнични и паралични отложения, които се отлагат в предпланински и междупланински понижения и на отделни места общата дебелина на тези моласи надхвърля 3000-4000 m. За тях също така е характерно и бързото изкливане. В случая има типично рифтообразуване с вулканизъм, показващ началото на разрушаване на Пангея-2, суперконтинентът обединил Гондвана и Лаврусия.

Може да се отбележи, че от началото на намюр-А до края на вествал-Д се наблюдава нарастваща тенденция на регресия, която например в Добруджанския басейн има и прекъсващ ход, която Янев (1986) свързва с проявените по това време херцински фази на орогенеза (Судетска, Ерцгебирска и др.) и тук в края на стефана се прекратява седиментонатрупването. Нови се появяват вече в Стара планина и Предбалкана през ротлигенда и през цехщайна, но вече като вътрешнопланински депресии с дебели моласови утайки. Реално от намюр-А до бундзанщайна (долен триас) територията на България е част от херцинския палеозойски ороген, всъщност това е суперконтинента Пангея-2. и този интервал продължава около 75-80 Ма с присъщия му ариден климат. Този интервал е достатъчен постепенно да бъдат разрушени горнокарбонско-пермските планини и вече през горен долен триас (спат) в резултат на денудация да се формира обширна равнина с речна система, ориентирана на юг. От спата вече се формира и обширен епиконтинентален морски басейн, (Чемберски и др., 1996). Паралелно се формират и рифтогенни структури с екваториална посока, в които се проявява ембрионален базичен вулканизъм (шошонитов с алкален тренд и високо съдържание на TiO_2 (1.10-1.48 %) през долен-среден триас. (Vaptsarova et al., 1979; Damyanov, 1995). Аналогични вулканити са установени и във Вътрешните Карпати през аниз-ладина. (Ломизе, 1983). Както посочват Чемберски и др. (1996) т.н. Балканиден триас включва континентални теригенни, соленоосни и морски теригенно-карбонатни, карбонатни, глинесто-карбонатни отложения, образувани върху континентална плоча, постепенно заливана от епиконтинентално море. Морската инвазия е придружена от рифтов вулканизъм. В южна посока към Сакар отложенията не са алохтонни и започват непосредствено с варовици, теригенни и теригенно-карбонатни долготриаски и хемогенни карбонатни среднотриаски отложения с бързи преходи и те ги интерпретират като подводна делта с потъване към континенталната крайнина на континента. Тяхната дебелина е над 1000 m. За тези седименти е характерен амфиболитов фациес на метаморфизъм. За Странджанския тип триас авторите отбелязват, че той има алохтонна позиция, обърнат пласторед с дълбоководен характер. Тук можем да добавим, че в навлачната пластина, според Maliakov (2005) участват не само долно-среднотриаски, старопалеозойски, но и морски долнопермски утайки, също така метаморфозирани в зеленошистен фациес. Навлачната пластина е отложена на склона на континенталната крайнина. Както бе отбелязано по-горе комплексът Каракая, който има пермо-долготриаска възраст също така е променен в сини шисти. По отношение на Мандришката единица в Източните Родопи, там са доказани фаунистично само средно-горнотриаски олистолити, отложени в плитко море върху карбонатна платформа, които са включени в дълбокоморски юрски радиоларити. Тук на гръцка територия в разреза Макри, в Западна Тракия, са установени триаски последователности, изградени от карбонати, под тях базални конгломерати и проследяващи се с тях теригенно-карбонатни скали (Paradopoulos et al., 1989). Ако се отиде още на изток в обсега на северна Турция, в Понтидите, се разкрива метаморфозираната и деформирана последователност на комплекса Каракая. Последният има пермо-долготриаска възраст. Изграден е от базични вулкански скали, варовици и грауваки. и се простира на повече от 1000 km от о-в Лесбос на запад до масива Токат на изток (Hecht, 1972). Комплексът има автохтонен характер и е претърпял метаморфизъм в зеленошистен фациес (Yilmaz, 1979; Okay, 1984c) Тези метаморфозирани скали са покрити несъгласно от средно-горнотриаски и лиаски конгломерати (Bingol and other, 1975; Servais, 1981). Според (Tekeli, 1981) метаморфизмът и издигането е станало през триаса. и реално единицата Каракая представлява пермо-триаски магматичен комплекс (калциево-алкална серия). Всъщност това е вулканската активна крайнина на Лавразия от андски тип, свързана с развитието на Палеотетиса. Такава тектонска представа е отбелязана от много изследователи. (Белов, 1967, 1975, 1980; Моссаковский, 1970; Dewey et al., 1973; Книпер, 1975; Хайн, 1977; Bingol and other, 1975; Bingol, 1978; Sengor and Yilmaz, 1981; Okay, 1984c, 1986; Sengor, 1987; Короновский и др., 2006). Към представата за наличието на активна континентална крайнина може да се добавят данните за Преддобруджанския трог (Тулчански). Тук върху долнопалеозойски скали (силур-девон), които са част от потъналата под Предкарпатската депресия, метаморфозирана и нагъната планинска верига, известна под името Келецко-Сандомирска-Самбор-Севернодобруджанска и на изток преминава в Скитската платформа, се отлага моласов комплекс с дебелина 3- 4 km, с долно-среднокарбонска-долготриаска възраст. Това са конгломерати, червени и сиви гравелити, пясъчници грауваков тип и аргилити. Наред с тях се срещат пластове от туфи, порфирити и диабази. Профилът завършва с въглища, които имат горнокарбонска-долготриаска възраст. Всъщност тук е установена моласа с различна дебелина (до 900 м.) Те представляват континентални алувиални, езерно-лагуни и плитко-морски теригенно-сулфатно-вулканогенни комплекси (Смирнова, 1984; Polukhtovich, Samarska, 1995). Това е типичен пример за рифтообразуване с вулканизъм и моласа в тила на континента Лавразия. Този пример е сравним с подобни рифтообразувания в Европа и България през този период. Имаме всички основания да направим извод, че всъщност херцинският тектогенен етап реално завършва в края на ранния Триас и започва след това алпийският тектогенен етап.

В случая се наблюдава типична проява на магматизъм от юг на север в орогена в дълбочина на Европейския континент на около 400-500 km, придружена със седиментация, аналогична на

тектонската картина на Чилийско-Перуанския сегмент на Андите, активна континентална крайнина (Nicolas, 1972; Зоненшайн и др., 1976).

Още по на север прояви на вулканизъм се наблюдават даже във Вътрешните Карпати през ранен и среден триас, които залягат сред морски карбонатни отложения и тези разливи са станали при спокоен тектонски режим (квазиплатформен). Той всъщност е продължение на късния палеозойски вулканизъм и реално с него завършва Варийското развитие на Лавразия. Пред орогена са се отлагали плиткоморски отложения в очертанията на днешна Южна България по края на Понтидите (Лавразия). И още по на юг се е простирал субдукционният жлеб на Мезотетиса, на който океанската кора при активна континентална крайнина е потъвала под Балтия (Лавразия) при малки ъгли от 20-30°, аналогична на днешната субдукция, западно от Андите. По данни на турски геолози (Bingol et al., 1978; Ketin, 1984, Sengor et al., 1984a, Okay, 1984a, 1986), територията на север от Измир-Анкарската сутура в Турция също е част от Понтидите, респективно Лавразия. Северно от тази сутура се простира на повече от 1000 км от о. Лесбос на запад до масива Токат на изток, в Северна Турция, комплексът Каракая, изграден от дебели деформирани разнообразни метаморфозирани последователности (базични скали, варовици и грауваки с пермо-триаска възраст; Bingol et al., 1975; Bingol, 1978). Този комплекс изгражда фундамента на мезозойските скали на зоната Сакария. В повечето места той формира най-долната единица и има автохтонна позиция и само при гр. Бурса, във СЗ Турция, в тектонски прозорец се разкриват високостепенни гнайси под комплекса Каракая (Ketin, 1966, 1983, 1984). В повечето места пирокластичните скали, базичните лави и прослояващите ги варовици съставят 80-90 % от комплекса, останалото представляват грауваки, шисти, кисели вулкански скали, радиоларити, варовити олистолити и малки лещи от серпентинити. Целият комплекс е претърпял общо взето метаморфизъм със средна компресия в зеленошистен фациес. Именно по фосили във варовитите пластовете между вулканските скали е определена къснопермско-раннотриаската им възраст. Вероятно с тези събития можем да свържем и зеленошистия метаморфизъм на странджанския тип триас. Чемберски и др. (1996) отбелязват, че разкриващите се алохтонни (Велекската единица) долнотриаски скали, странджански тип, са дълбокоморски отложения от вътрешния шелф на континенталния склон на вулканска дъга. На турска територия този метаморфен комплекс е покрит от средно-горнотриаски и лиаски конгломерати (Bingol et al., 1975). Има различни интерпретации на тази сложна картина, но вероятно най-приемливо обяснение дава Okay (1984.), който смята, че неритичните варовици, прослоени с базични вулкански скали и на отделни места и от дацити и андезити по-скоро представляват пермо-триаски магматичен комплекс. Ако към тях прибавим и огромните разкрития на калциево-алкални плутонити и вулкани на българска територия всъщност това представлява вулcano-плутоничен пояс, разположен на края на надхлъзгащата се периферия на континента Лавразия и субдуциращата под него литосфера на океана Мезотетис. Аналогично развитие е имал Охотско-Чукотския вулcano-плутонически пояс, а понастоящем Чилийско-Аржентинския сегмент на Андите (Ломизе, 1983). Формирането на херцинския ороген в резултат на серия от тектонски деформации (Судетска, Ерцгебирска, Астурийска, Заалска) се изразява в образуване на обширни издигания (планини) внедряване на плутонити, активен вулканизъм, нагвания и широка регресия на Световния океан. Реално това се съществува през горен карбон-перм и постепенно затихва през долен-среден триас. Всъщност това е времето на обединение на Гондвана и Лавразия и формирането на единния суперконтинент Пангея-2, простиращ се от полюс до полюс. През триаса завършва господството на геократичните условия, продължили повече от 100 млн години. Подобни мисли изказва още през 1951 Stille, който отбелязва, че тектонските движения проявили се в края на триаса и началото на лиаса (старокимерски) не само в Югоизточна Европа, но и на други места по света са по-скоро финална фаза на херцинската тектонска ера. Тези условия започват през среден карбон и завършват през триаса. В България този факт може да се наблюдава в Мизийската платформа по дисхармонията между старокимерските орогенни структури и епикимерската им покривка. (Бояджиев, Бончев, Гочев, 1991, цитирани от последния автор) Късният триас завършва с крупно събитие, с епохата на интензивни тектонски деформации на компресия, известна като Раннокимерска в Европа или Индосинийска в Азия. Тази епоха на диастрофизъм е свързана с най-мощните трапови разливи на вулкани в историята на Земята: Индостан, Среден Сибир и в Драконовите планини на Южна Африка. (Короновски и др., 2006). За да си обясним по-точно събитията, които са се случили в зоната на субдукция на океанската кора на Мезотетиса под Лавразия, южната крайнина на днешния Балкански полуостров, очевидно във фронталната част на надхлъзгащата се плоча (Лавразия) при режим на активна континентална крайнина са се разполагали бреговете и вулканическите хребети. Бреговете структури обикновено се характеризират с висока тектонска активност и ниска магматична. Именно в пределите на изброените структури се заражда континенталната кора. Крайбрежният (фронталният) хребет е нараствал чисто механически, защото той като булдозер е изтъргвал утайките на потъващата под него океанска плоча при субдукцията. Тези седименти са нагъват в гънки и намирайки се на значителна дълбочина претърпяват метаморфизъм при висок натиск и ниска температура. На юг от нас на турска територия в обсега на Понтидите се разкриват сините шисти на

посочения по-горе комплекс Каракая (базични вулкански скали, варовици и грауваки) с пермо-триаска възраст. Според Окау (1986) те съставят фундамента на мезозойските скали на тектонската зона Сакария, която е част от Понтидите, респективно Лавразия. Обаче както посочва горецитираният автор (1984b) и Ketin (1984) на различни места под комплекса Каракая в тектонски прозорци се наблюдават по-стари кристалинни скали, около Бурса и на полуостров Бига (Каздаг, Кемер, Камиша и др.). По своя състав тези метаморфни скали вероятно можем да ги сравним с високометаморфните скали (Огражденска супергрупа; Кожухаров, 1984; Загорчев, 1984a; Антонов и др., 2001 или « group 1”, Bonev et al., 1995) и обдуцираните върху тях нискометаморфни зеленошистни скали (диабаз-филитоиден комплекс, Фролошка група, Струмска диоритова формация) или „group 2” (Bonev et al., 1995). Те се разкриват в Карпатите, Сърбо-Македонския масив, Средна гора. Според редица изследователи високометаморфните скали-гнайсовият кристалинен комплекс Текиа (Себеш-Лотру) има възраст долен горен протерозой, а покриващите ги обдуцирани зеленошистни скали на комплекса Добра (Сибин) горен протерозой-долен камбрий. (Nastaseanu et al., 1981; Grubic, 1995; Graf et al., 1998; Zagorchev, 2001; Антонов и др., 2001; Karrigan et al., 2006). За всички тези комплекси се предполага, че са образувани в резултат на байкалския (кадомския) диастрофизъм (Загорчев, 2001). В румънска Добруджа по данни на Sandalescu (1984) под горноюрския дискорданс са установени гнайси (формациите Палац и Кокошу-прекамбрий и венд-камбрий) и зелени шисти (венд-камбрий). Може да се заключи, че южно от тези древни терени от високометаморфни скали с разпокъсани разкрития из целия Балкански полуостров и разположени по периферията на архаичния комплекс на Източноевропейската платформа (Балтика) са прилепени към нея в резултат на Байкалския диастрофизъм. И по-късно върху тях са се развивали субдукционно-колизийните режими между отделните плочи и океани през палеозоя и мезозоя.

Ако се върнем към началото на тези мисли комплексът Каракая реално представлява от плейттектонска гледна точка акреционна призма и е част от стръмните приконтинентални склонове на дълбоководните океански панини (жлебове). На тази основа може да се обясни метаморфизма на пермо-триаските варовици и проследяващите ги вулканити и тук вероятно е прав турският геолог Tekeli (1981), който нарича Каракая акреционен комплекс. Като е известно под активните крайнини океанската литосфера субдуцира под по-полегати ъгли, отколкото при островните дъги. За съвременните зони на субдукция се наблюдава пряка корелация между възрастта на субдуциращата литосфера и ъгълът, под който тя потъва в астеносферата. Колкото е по-стара океанската литосфера толкова по-бързо тя достига до зоната на субдукция или до известна степен то е еквивалентно на разстоянието до срединния океански хребет (спрединга), толкова при по-стръмен ъгъл се осъществява субдукцията. Например за Тихия океан към Азиатско-Новозеландския континент субдукцията е най-отдалечена от Източнотихоокеанския хребет (издигане) и в същото време към зоната на субдукция идва най-старата по възраст литосфера на Тихоокеанската и Филипинската плочи. Тя има изключително островодъгов характер и почти вертикално потъва в астеносферата при ъгли от около 70-80°. Обратно към Южна и Централна Америка се приближава млада океанска кора, разположена не далече от Източнотихоокеанското издигане. Тук не съществуват никакви окраинни морета и субдукцията се осъществява под активната крайнина при полегати ъгли, почти хоризонтално (20-30°). (Ломизе, 1983; Короновский и др., 2006). Имаме всички основания да предполагаме, че към Лавразия се е придвижвала младата океанска литосфера на Мезотетиса, чиято северна граница е преминавала вероятно по южната периферия на днешните Балкани (Българска плоча). Всъщност тя е представлявала южната крайнина на Лавразия, към която през херцинската тектонска фаза са присъединени нагънатите планини (орогени) на Северна Африка, Испания, Франция, германските планини и на изток е достигала до територията на днешна България; варийският ороген на Тенчов & Янев (1967, 1977); Янев, (1986). Всъщност това е европейският херцински ороген. За всичко това съдим по карбоно-пермските моласови седименти и вулканоплутонични скали, които се разкриват в Европа и на Балканите. Реално чрез херцинската орогенеза се ликвидира западната половина на Палеотетиса, тъй като тогава се образува супергигантският континент Пангея-2, обединил Лавразия и Гондвана. На изток от Пангея-2 остатъците от Палеотетиса формират нов океан, който широко се отваря към Палеопацифика и той по-скоро може вече да бъде наречен Мезотетис. Неговата северна сушева граница продължава на североизток през Кавказ, Централен Афганистан, Памир, Северен Тибет и далече на изток през Цинлин достига до древния Тихи океан. (Короновски и др., 2006). На запад от Балканската плоча Африка и Източно-Европейската платформа са били вече обединени в гигантския суперконтинент Пангея-2. (Фиг.3) Според горната тектонска схема тогава далече на юг се оформя вече океанът Неотетис. Консумацията на океанската литосфера на Палеотетиса под Лавразия довежда до рифтинг по североизточната периферия на Африка, който по-късно преминава в спрединг и от него се откъсва ивица от бордерленди (Южен Тибет, Афганистан, Вътрешен Иран, Арменският масив (Арабат-Джулфа), вътрешноанадолските масиви (Киршехир, Мендерес), Атико-Цикладската област, Пелагония. По-рано тези древни терени се приемаха за срединни масиви. Всъщност те предствляват карбонатни платформи и можем да ги обединим с общото име Апулийски древни карбонатни платформенни бордерленди

(микроконтиненти), откъснати от Гондвана. Същите микроконтиненти Riscou ги обединява с понятието Транзитни плочи (Transit plate, 2001). Можем да добавим, че до голям каков тези платформи активно са се придвижвали заедно с океанската литосфера при субдукцията и обдукцията, когато се осъществява пълната консумация на Мезотетиса под Лавразия. След голям каков те са дейни участници в настъпилата колизия между южната надхлъзгаща се периферия на Лавразия и Апулийската авангардна платформена ивица от бордерленди от Панония до Южен Тибет и Индонезия. През следващия горноюрско-долнокреден етап те вземат важно участие в изграждането на южната периферия на Евразия, в това число и южната окрайнина на Балканската (Българската) плоча, (Dewey et al., 1973; Hsu, 1977; Sengor et al., 1984b; Dercourt et al., 1985; Okay, 1989; Гочев, 1991; Danellian & Robertson, 1995).

Благодарност:

Настоящата работа е финансирана от Министерство на образованието и науката, Фонд "Научни изследвания" чрез договор НЗ-1514/2005.

Литература:

1. Антонов М., В. Желев, С. Приставова, К. Шипкова. 2001. Границата между високометаморфните и нискометаморфните скали в част от Югозападна България: Обзор на идеите и предварителни резултати. Сп.на БГД, год. 62, кн. 1–3, с. 77–86.
2. Аплонев С. В. 2001. Геодинамика. Изд. "Санкт-Петербургски университет", с. 360.
3. Белов А. А. 1980. Главные домезозойские структурные зоны и история развития Средиземноморского пояса. В кн. Тектоника Средиземноморского пояса. Изд. "Наука", с. 55–66
4. Гочев П. 1991. Алпийският ороген на Балканите – полифазова колизионна структура. Геотектоника, тектонофизика и геодинамика, 22, С., с. 3–4.
5. Загорчев И., 1984а. Состав и строение докембрийских метаморфитов Огражденского блока (Сербско-Македонски масив) и Влахинского блока (Крайштиди) в Югозападной Болгарии. В: Особенности становления земной коры в докембрий Южной Болгарии. Рабочее совещание и полевые исследования. Пробл. Комиссия IX, София, БАН. С. 31–42.
6. Зоненшайн Л. П., М. И. Кузмин, В. Моралев. 1976. Глобальная тектоника, магматизм и металогеология. Издательство "Недра", 230.
7. Иванов Ж. 1989. Строение и тектоническая эволюция центральных частей Родопского массива. В кн.-Строение и геодинамическая эволюция Балканид -Крайштиди и внутренних зон Родопская область. С., с. 53–91.
8. Кожухаров Д. 1984. Докембрий Южной Болгарии. В: Особенности становления земной коры в докембрий Южной Болгарии. Рабочее совещание и полевые исследования. Проблем. комиссия IX, С., БАН, с. 7-41
9. Книпер А. Л. 1975. Океаническая кора в структуре Алпийской складчатой области (юг Европы, западная часть Азии и Кубы). М., Изд. "Наука", 220.
10. Короневский Н. В., В. А. Хаин, Н. А. Ясманов. 2006. Историческая геология. Изд. "Академия", 458.
11. Ломизе М. Г. 1983. Тектонические обстановки геосинклинального вулканизма. Изд. "Недра" М.; с. 194.
12. Ломизе М. Г. 2004. Субдукция в коллизионном контексте: развитие и отмирание островных дуг Средиземного моря. В кн. "Современные проблемы геологии", Изд. "Наука", М.; с.291–315.
13. Начев И., Ч. Начев. 2003. Алпийска плейттектоника на България. Изд. "Артик-2001", София; с. 198.
14. Смирнова М. Н. 1984. Основы геологии СССР. Изд. "Высшая школа", 284.
15. Тектоника Средиземноморского пояса. 1980. Изд. "Наука", 243.
16. Тенчов Я., С. Янев. 1967. Герцинское заложение Карпато-Балканской дуги (по данным каменноугольных и пермских пород). Доклады КБГА, VIII конгрес, Белград, Геотехника. с. 193 – 199.
17. Хаин В. Е. 1977. Некоторые проблемы структуры и тектонической истории Европы. Вестн. МГУ, сер. геол. № 2.
18. Чемберски Х., Т. Ранкова, Н. Антова, Г. Николов. 1996. Триаската система в България – веществен състав, седиментационни обстановки и геодинамични събития. Сп.БГД, год. 52, кн. 2, с. 1–18.
19. Чешитев Г. 1971. Шипченска Стара планина. В: Тектонски строеж на България. ДИ "Техника", с. 294–299.
20. Чунев, Д. 1968 Перм. В кн. :Стратиграфия на България. Изд. "Наука и изкуство". С., с. 101–120.
21. Янев, С. 1986. Развитие верхнепалеозойских осадочных формаций Болгарии. В кн.: Достижения българской геологии. Изд. "Техника", 297.
22. Яранов, Д. 1960. Тектоника на България. Изд. "Техника", с. 282.
23. Arkadaskiy S., L. Bohm, Z. Heaman, E. Cherneva, Stancheva. 2000. New U – Pb age results from the Central Rhodope Mts., Bulgaria. ABCD–GEODE 2000 – WORKSHOP, BOROVETS, Bulgaria. p. 5.
24. Arnaudov V., B. Amov, Z. Cherneva, R. Arnaudova, M. Pavlova, E. Bartnitsky. 1990. Petrological –geochemical and lead-isotope evidence of Alpine metamorphism in the Rhodope crystalline complex. GEOLOGICA BALCANICA, 20, 5. p. 29–44
25. Arnaudov B., B. Amov, Ts. Baldjieva, M. Pavlova. 1990. Tertiary migmatitic pegmatite in the Central Iline complex. Uranium–lead zircon dating. GEOLOGICA BALCANICA, 20, 6, p. 25–32.

26. Bingol, E. 1976. Evolution geotectonique de L'Anatolie de L'ouest. Bulletin de la Societe Geologique de France, ser. 7, v. 18., p. 235–254.
27. Bingol E. 1978. Explanatory notes to the metamorphic map of Turkey, in Zwan, H. J. ed. Explanatory text for the metamorphic map of Europe; Leyden, p. 348–354.
28. Bingol E. B. Akurec and B. Korkmaser, 1975. Geology of the Biga peninsula and some characteristic of the Karakaya blocky series, in Congress of earth sciences on the occasion of the fiftieth anniversary of the Turkish Republic, Ankara, Maden Tetkik Arama Enstitusu, p. 71–77.
29. Bonev et al. 1995. Denudation tectonique au toit du noyau metamorphique rhodopien – macedonien: La Faille normal ductile de Gabrob Dol (Bulgarie). Bull. Soc. geol. Fr., 166, 1, p. 49–58.
30. Boyanov I., I. Zagorchev, A. Goranov. 2003. Palaeogene sediments (Mechit Formation) near Panagurishte and Sredna Gora (Sredna Gora Mts). GEOLOGICA BALCANICA, 33, 3–4, p. 15–22.
31. Carrigan C. W., S. Mukasa, I. Haydoutov, K. Kolcheva. 2003. Ion microprobe U – Pb zircon ages of pre-Alpine rocks in the Balkan, Sredna gora and the Rhodope terranes of Bulgaria; Constraints on Neoproterozoic and Variscan tectonic evolution. Journ. Czech. Geol. Soc.; 48, 1 – 2, p. 32–33.
32. Carrigan C., S. Mukasa, I. Haydoutov, K. Kolcheva. 2005. Age of Variscan magmatism from Balkan sector of the orogen, Central Bulgaria. LYTHOS, 82, p. 125–147.
33. Dabovskii C., I. Boyanov, Kh. Khrishev, T. Nikolov, I. Sapunov, Y. Yanev, I. Zagorchev. 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. Geologica Balcanica, 33, 2–4, S., p. 9–15.
34. Danelian T. and A. F. Robertson. 1995. Radiolarian evidence of middle Jurassic collapse of the Pelagonian carbonate platform (Kallidromon mountains, Central Greece). XV congress of the CBGA, Athens, Greece, № 4/1, p. 175–180.
35. Danyanov Z. 1995. Triassic metallogenesis in the West Balkan. Докл. БАН, 48, 11/12, с. 75 – 78.
36. Dewey J. W. C., B. F. Ryan, J. Bonnin. 1973. Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. (Bull. Geol. Soc. Amer.) v. 84, № 10, p. 3137–3180.
37. Dercour J., L-E Ricou. 1987. Discussion sur la place de la Bulgarie au sein du system alpin. Rev. Bulg. Geol. Soc., 48, № 2, p. 1–14.
38. Dewey J. F. 1980. Episodicity, sequence and style at convergent plate boundaries. Geol. Assos. Spac. Pap. № 20, p. 553–573.
39. Graf J., v. Quaght, D. Bernoulli, Burg, J-P. 1988. Geochemistry and geochronology of igneous rocks of the Central Serbo-Macedonian Massif (Western Bulgaria). In: Carpathian-Balkan Geflogical Association, XVI Congress, Abstract, 191.
40. Grubic A. 1995. Eurasian-African and Arabian Plates. J. Geophys. Research. Vol. 105. № 10, p. 23353–23370.
41. Keay K., G. Lister. 2002. African provenance for the metasediment and metaigneous rock of the Cyclades, Aegae ковский, A. A. 1970. О верхнепалеозойском вулканическом поясе Евразии. Геотектоника, № 4, с. 35–38.
42. Keskin C. 1974. Ergene Havzasi-Kuzeyinin stratigrafisi. Proceedings II Petroleum Congress Turkey. Ankara, p. 137–163.
43. Ketin I. 1966. Tectonic units of Anatolia : Bulletin of the mineral research and exploration Society of Turkey, v. 66, p. 23–34.
44. Lomize M. G. 1998. The final evolution and extinct of Tethian active margin (from the Srednogorie to the Minor Caucasus) Carpatho-Balkan Geol. Assos. XVI. Congr.; Abstract, Vienna, p. 343.
45. Luc-Emanuel Ricou. 2001. A plate tectonics approach to the place of the Rhodope in the Alpine – Himalayan chains. GEOLOGICA BALCANICA, 31, 1–2. p. 135.
46. Maliakov Y. 2005. Stratigraphic, tectonic and metamorphic phenomena in the Diabase – phillitoid complex of Bulgarian and Turkish Strandzha. Proceedings of the Jubilee Interndtional Conference. BGS. S. p. 50 – 53.
47. Maslarevic L., B. Krstic. 1997. Paleozoic continental slope deposits in the Stara planina Mountains, Eastern Serbia. Geologica Balcanica, 27, 1–2, S., p. 7–18.
48. Hecht J. 1972. Zur Geologie von Sudost-Lesbos (Griechenland); Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, v. 123, p. 423–432.
49. Hsu K., I. K. Nachev, V. J. Vuchev. 1977. The evolution of Bulgaria in light of plate tectonics. Tectophysics, 40, № 3–4, p. 29–75.
50. Jolivet L., C. Faccenna. 2000. Mediterranean extension and the Africa-Eurasia collision. Tectonics, Vol. 19, № 6, p. 1095–1106. Kahle H.-G., Cocard M., Peter Y. et al. 2000. GPS-derived strain rate field within the boundary zones of the 39.
51. Nastaseanu S., I. Bercia, V. Ioncu, S. Vlad, I. Hartopanu. 1981. The structure of South Carpathians. Guide to Excurs., B2. XII Congress Carpatho-Balkan Geol. Assos., Bucharest.
52. Nicolas A. 1972. Was the Hercynian orogenic belt of Europe of the Andian type? „Nature”, v. 236, № 5344, p. 221 – 223.
53. Okay A. I., 1980a. Mineralogy, petrology, and phase relations of glaucophane – lawsonite zone blueschists from the Tavsanly region, Northwest Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 72, p. 243–255.
54. Okay A. I. 1984c. The geology of the Agvanis metamorphic rocks and neighbouring areas, Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey; v. 99/ 100; p. 16–36.
55. Okay A. I. 1986. High – pressure / low – temperature metamorphic rocks of Turkey. Geol. Soc. of America. Memoir, 164. p. 333–347.
56. Okay A. I. 1989. Alpine – Himalayan blueschists. Ann. Rev. Earth. Planet. Sci.; № 17; p. 55 – 87.
57. Okay I. A. 2001. Structure and Neotectonics of the Turkish Thrace and the Marmara Sea. GEOLOGICA BALCANICA, 31, 1–2, S. p. 129–131.

58. P a p a z a c h o s B.C., Ch. A. P a p a i o a n n o u. 1999. Lithospheric boundaries and plate motion in the Cyprus area. *Tectonophysics*, 4, v. 308, № 1/2 p. 193–20
59. P a v l i s h i n a P. 2002. Danian Normapolles from the conglomeratic formation near Panagyurishte and Strelcha (Sredna Gora Mountains, Bulgaria). *GEOLOGICA BALKANICA*, 32, 2-4, S., p. 209–213.
60. P e y t c h e v a I. and A. V. Q u a d t. 1995. U – Pb zircon dating of metagranites from Byala reka region in the East Rhodopes, Bulgaria. *XVcongresf the Carpato – Balkan Geological Association*, № 4/2, Athens, Greece, p.637-642.
61. P e y t c h e v a I., A. von Q u a d t, R. T i t o r e n k o v a, N. Z i d a r o v, E. T a r a s s o v a. 2005. Skrut Granitoids from Belassitsa Mountain, SW Bulgaria: Constraints from Isotope – Geochronical and Geochemical Zircon Data. *PROCEEDINGS of the Jubilee International Conference. Bulgarian Geological Society*, S., p. 109–112.
62. P e y t c h e v a I., A. von Q u a d t, O. M a l i n o v, E. T a c h e v a, R. N e d i a l k o v. 2006. Petrochan and Klissura plutons in Western Balkan: relationship, in situ and single grain U –Pb zircon/monazite dating and isotope tracing. *GEOSCIENCES-006.*, S., p. 221–224.
63. P i e r c e J., A., S. J, L i p a r d, S. R o b e r t s. 1984. Characteristics and tectonic significance of supra-subduction zone ophiolites. *Geol. Soc. London. Spec. publ.* p. 77–94.
64. P o l u k h t o v i c h B. M., O.V. S a m a r s k a. 1995. The history of the geological development of Predobroea in Variscan tectogenesis. In: *XV congres of the Carpato-Balkan Geological Association*, № 4/1, Athens, Greece, p. 86–91.
65. R o b e r t s o n A.H.F. 2000. Mesozoic – Tertiary tectonic sedimentary evolution of a south Tethian oceanic basin and its margins in southern Turkey. *Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area*. Eds. E. Boskurt et al. L., p. 97 – 138. *Geol. Soc., London, Spec. Publ.*; № 173.
66. S a n d u l e s k u M. 1984. *Geotecnica Romaniei. Tehnica*, B. p. 297–301.
67. S a p u n o v I. G. 1999. The Jurassic in south – eastern part of Bulgaria (stratigraphy, geodynamics, facies and paleogeography). *GEOLOGICA BALKANICA*, 29, 1–2, S., p. 19–59.
68. S e n g o r A. M C. and Yilmaz, Y. 1981. Tethian evolution of Turkey, a plate tectonic approach; *Tectonophysics*, v. 75; p. 181–241.
69. S e n g o r A. M C., Y i l m a z, Y. and S u n g u r l u, O; 1984a. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: Nature and evolution of the western termination of Paleotethys; In Robertson , A. H. F. and Dixon, J. E., eds. *The geological evolution of the Mediterranean; Geological Society of London Special Publication 17*, p. 77–112.
70. S e r v a i s M. 1981. Donnees preliminaires sur la zone de suture mediotethysienne dans la region d'Eskisehir [NW Anatolie]. *Comptes Rendus des Seances de L. Academie des Sciences, Paris*, v. 293, p. 83–86
71. S t i l l e H. 1951. Das mitteleuropaische variszische Grundgebirge im Bilde des gesamteuropaischen, Beihefte z., *Geol., Jahrb.*, Heft 2.
72. T e k e l l O. 1981. Subduction complex of pre- Jurassic age, northern Anatolia, Turkey; *Geology*, v. 9, p. 68 – 72.
73. V a p t s a r o v a, A. H. C h e m b e r s k i, J. N i c o l o v a. 1979. Le Trias dans la Bulgarie du Nord. III. Volkanisme. *GEO-LOGICA BALKANICA*, 9, 3, p. 93 – 106.
74. Y i l m a z Y. New evidance and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. 2003, *Geol. Soc. Amer. Bull.*; Vol. 105, № 2, p. 251 – 271.
75. Z a g o r c h e v I. 1994a. Structure and tectonic evolution of the Pirin-Pangaion structural zone (Rhodope Massif, south Bulgaria and northern Greece). 1999 *Geological Journal*, 29, p. 241-268.
76. Z a g o r c h e v I. 2001. Intraduction in geology to the of SW Bulgaria. *GEOLOGICA BALKANICA*, 31, 1– 2, p. 3–an, Greece. Vol. 30. № 3, p. 235–238.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF PLANIMETRIC INFORMATION EXTRACTION FROM QUICK BIRD IMAGES

Ashraf Sharawi¹, Atyea Azeez¹, Ahmed Ramzi², Amira Salah¹

¹Aerial Photography & Photogrammetric Dep., National Authority for Remote Sensing and Space Sciences (NARSS),
Cairo, Egypt.

²Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ahmedasi@hotmail.com

Keywords: VHRS images - Planimetric map- Accuracy Assessment.

Abstract: Recently, images are available from High Resolution Satellite images (Ikonos, Quick bird, etc...). These images are available in two product types. Regarding the first type, the images are processed based on satellite navigational data only, while in the second type, the images are processed based on additional local ground control points. Consequently, the main objective of this paper is to assess the accuracy of maps, produced from high resolution Quick Bird Standard Imagery Pan-Sharpener type images, on the basis of the use of additional local Ground Control Points GCPs (8 GCPs in this case), for planimetric derived coordinates. To achieve such an objective, discrepancies derived from coordinates of 49 Check points, located in the tested Quick Bird images, and direct measurements in the field using Total Station Instrument based on the very high accurate Triangulation GCPs, considered as a reference for the same area, and covering the "Borg El Arab region" in Alexandria governorate, Egypt, with a flat terrain, are evaluated. The Root Mean Square (RMS) error of positional discrepancy, in easting and northing directions, is computed. The results showed that, the accuracy of Quick Bird images, processed using local GCPs, is acceptable by the American National Map Accuracy Standard (NMAS) specifications in production and updating of maps with scale 1:2500 or less, in case of flat terrain, taking into consideration the qualitative assessment of fine features in the images, which needs more field check.

1. Motivations behind the Present Research

Very high resolution satellite images from QuickBird are in a competition to aerial images today. The successful launch of QuickBird high- resolution satellite has narrowed the gap between satellite images and aerial photos. QuickBird is currently the satellite with the highest resolution for civilian uses. The QuickBird multispectral images (Pan Sharpened) with 0.6 meter resolution provide high quality imagery both for military applications as well as for civilian applications such as Urban Planning Mapping, and GIS applications. The overall purpose of GIS is to locate, identify and manage spatially distributed features in a comprehensive manner. Without an accurate base map, the relationships among these features cannot be determined, and the value of the information is diminished as a result. Ortho-image may be used as high quality base map. In the near future, it could even replace aerial photos with high resolution satellite images for GIS applications depending on the required accuracy. In this study, accuracy analysis will be done for base map production that will be used in GIS applications from QuickBird multispectral (Pan Sharpened) images with 0.6 meter resolution for the selected study area.

2. Objectives of the Research Work

Studying the usage of QuickBird multispectral (Pan Sharpened) images with 0.6 meter resolution, to produce large scale base map, which can be serving in building GIS layers.

3. Data Acquisition

3.1. Test Site and Data Description (Space Imageries)

The test area is surrounded by eight definite points, for Borg El Arab region in Alexandria governorate, Egypt. The test area is covered by a QuickBird imagery consists of two sets of archived data acquired at 2004 (Left & Right) with an overlap between them, with a total area of 31 km², and the difference in leveling is about 15 m as an average, which are displayed in Figures (1) and (2). Again, in the present research, the images used are Standard Imagery pan-sharpened type. A mosaic between the two images is performed, using the overlapped area matching method, which displayed in Figure (3) [Digital Globe, 2006].

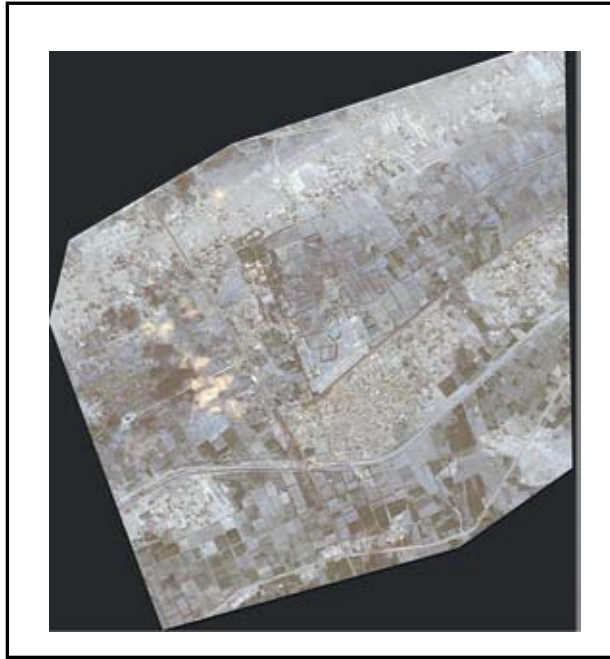


Fig. 1. A Fragment of Left QuickBird Imagery over Borg El Arab, [16/7/2004]

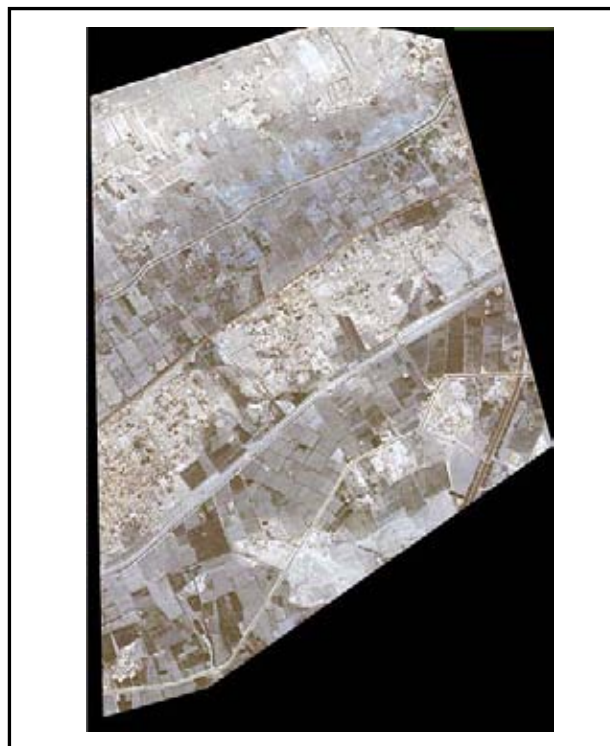


Fig. 2. A Fragment of Right QuickBird Imagery over Borg El Arab, [28/6/2000]

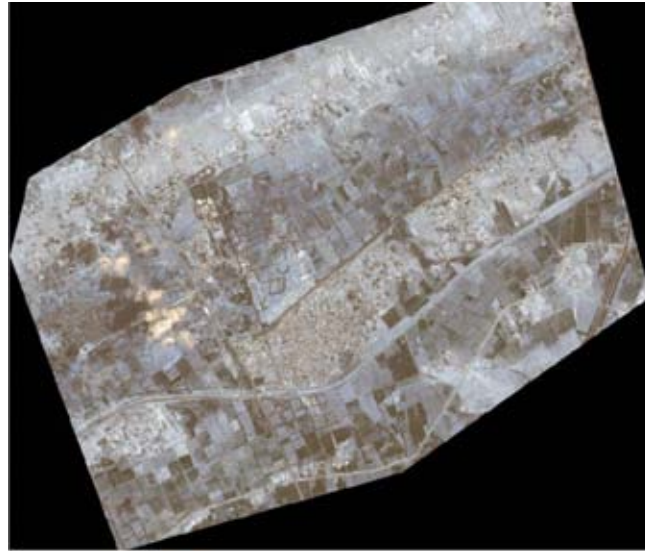


Fig. 3. A Mosaic of Left & Right QuickBird Imageries over Borg El Arab

3.2. Ground Control Points

A complete mission for acquisition of Ground Control Points (GCPs) as well as Check Points (CPs) is done using GPS technique. The distribution of ground control points (8 points) is well distributed over the test area. The residuals in coordinates of GCPs is displayed in **Table (1)**, based on old Egyptian datum (ETM).

Table 1. Residuals (meters) of the Ground Coordinates for the 8 Control Points Acquired from GPS Field Mission (ETM Datum)

No.	Residual E	Residual N
1	0.020	0.019
2	0.027	0.014
3	0.012	0.012
4	0.011	0.013
5	0.012	0.014
6	0.013	0.013
7	0.012	0.014
8	0.013	0.014
AVMR*	0.027	0.019
RMS	0.012465	0.011187
RMS _p	0.0154	

* AVMR = Absolute Value of Max. Error.

4. Methodology of the Practical Work

In the present research, the test includes calculations of the discrepancies, of E, N coordinates for a total group of (49) test points, located on the corrected mosaic image covering the whole test area. These point's E, N coordinates are compared with the corresponding ones derived from the ground surveying, which are considered as a reference, in this research. The software used in this operation is ERDAS Imagine, along with its modules [ERDAS, 2001]. The procedure applied in this test is as follows:

4.1. Mosaicking

First step is to perform the mosaic between the two data sets left and right images. Due to the fact that the time elapsed between the acquisition of the two images is about three weeks only, also, the viewing angles for the two images are almost the same, the mosaic between the two images is performed using the overlapped area matching method.

4.2. Correction of Satellite images

The satellite orbit information and calibration data (Rational Parameters) for the imageries in hand is not available, rigorous methods will not be used in the current research. This means that other alternative models should be used to solve practically this problem and calculate the imagery parameters. Therefore, these empirical approaches can be applied to determine the ground points coordinates.

The images used are Standard Imagery pan-sharpened type, which has a coarse DEM applied to it, to normalize for topographic relief with respect to the reference ellipsoid, which means that, it has terrain corrections applied, so, it is not suitable for orthorectification by the customer. Accordingly, the type of correction for this type of images will be done in planimetry only (2D). Therefore, and for the reasons mentioned before, the approximate methods will be used to correct the images (i.e. polynomials). Second order polynomial is the used one in this case. **Table (2)** shows the residuals and Root Mean Square Error (RMS) for the GCPs used to correct the image [Pohl, 1996].

Table 2. Residuals (meters) of the Ground Coordinates for the 8 Control Points after Least Squares Adjustment, Mosaicked Corrected Image

No.	Residual E	Residual N
1	-0.015	0.002
2	0.059	-0.040
3	-0.006	0.025
4	0.007	-0.014
5	-0.076	-0.001
6	-0.005	0.044
7	-0.002	-0.036
8	0.037	0.042
AVMR*	0.076	0.044
RMS	0.037	0.027
RMS(T)	0.046	

* AVMR = Absolute Value of Max. Error

4.3. Collection of Check Points

Forty nine common sharp features were identified, on the digital geo-referenced QuickBird corrected image. The coordinates (E, N), of these common points are measured from the field and stored. The same features were identified, and their coordinates (E, N) are measured from the corrected image, with an estimated precision of one pixel, which equals to 0.6 m in this case. The distribution of these points over the test area is based on two ideas: some points measured nearest the ground control points and the others measured all over the image to assess the accuracy for the solution. Finally, the discrepancies in (E, N) resulted from the corrected image, with the corresponding (E, N) measured from ground surveying, for control and check points, along with their statistical parameters are calculated.

5. Results

Assessment of results follows different steps:

- 5.1. Quantitative assessment through calculation of statistics from the check points derived from the geo-corrected mosaic image to assess the accuracy of maps that could be produced from this kind of images, taking into consideration the accuracy of capturing GCPs from GPS.
- 5.2. Qualitative assessment of the different features in the produced geometrically corrected image.

The results of the above steps can be outlined as follows

Forty nine sharp and well distributed check points are chosen on both the reference (Ground Surveying) and the resulted geo-corrected image (Mosaicked QuickBird image). Forty three points from them were measured around and closest to the ground control points and the other (six points) are measured all over the image. Then, their coordinates were measured from both systems. Finally, discrepancies of those points are calculated. **Table (3)** shows these discrepancies for the two groups of check points.

Table 3. Discrepancies of the Ground Coordinates for the 49 Check Points (meters), QuickBird Corrected Image.

No.	ΔE	ΔN	No.	ΔE	ΔN
1	1.25	-1.16	26	0.14	-0.66
2	0.98	-1.02	27	0.02	0.002
3	-0.92	-1.22	28	0.14	0.07
4	-1.43	-0.18	29	0.41	-0.19
5	0.3	0.02	30	0.25	-0.39
6	-1.29	-0.01	31	0.83	-0.50
7	0.68	-0.03	32	-1.37	0.31
8	-1.19	0.29	33	-0.46	-0.79
9	-0.63	0.05	34	-1.50	-0.46
10	-0.31	-0.17	35	-1.98	-0.66
11	0.02	-0.26	36	-1.41	-0.63
12	0.55	0.22	37	-0.42	-0.25
13	-0.24	-0.25	38	-0.72	-0.60
14	-0.28	0.37	39	-0.33	-0.74
15	-0.12	0.13	40	0.019	-0.29
16	0.31	0.13	41	-0.58	-0.54
17	-0.13	-0.46	42	1.001	-0.46
18	0.36	0.21	43	1.39	0.041
19	-0.15	-0.39	44	0	-0.001
20	-0.19	-0.59	45	0.008	0
21	0.22	-0.31	46	0.134	-0.29
22	-0.45	-0.68	47	0.104	-0.76
23	-0.22	-0.26	48	0.035	-0.047
24	0.31	-0.58	49	0.26	0.018
25	0.28	-0.63			
AVMR*				1.98	1.22
RMS				0.739	0.488
RMS _p				0.886	

* AVMR = Absolute Value of Max. Error

From the research findings, it is obvious that non-rigorous orientation and triangulation models can be used successfully in most cases for 2D rectification without needing a camera model or the satellite ephemeris data. In addition, accuracy up to the sub-pixel level in plane can be achieved with a modest number of GCPs.

For the second item of assessment, which is the qualitative accuracy assessment for the different features in the produced image, the check is done by experts in mapping from aerial photographs, as well as the field team of reviewing maps. The procedure of qualitative assessment is based on the recognition check for different features appeared in the corrected image against the same features appeared in the field. The land use patterns are categorized in three items, namely: urban areas (streets, buildings, trees ...etc), agricultural areas (green areas, crops, canals, small streets inside villages ...etc), and finally, desert areas (wadies, drainage pattern, paved and unpaved roads....etc). **Table (4)** summaries the results obtained in the qualitative check test.

Table 4. Description of Qualitative Information Appeared in the Corrected Pan-Sharpended QuickBird Image

Land Use	Item / Description	Land Use	Item / Description	Land Use	Item / Description
Urban	Buildings/E ⁺	Agriculture	Buildings/E ⁺	Desert	Roads/E
	Streets/E		Streets/ E		Railway/N
	Railway/N		Railway/ N		Drainage Patterns/E
	Green Areas/E		Green Areas/ E		Cultivated Areas
	Wet Areas/D		Crops/ D		-----
	-----		Canals/ D		-----

E⁺ = Easily Detectable + Shadow Effect, E = Easily Detectable, M = Medium, D = Difficult, N = No appearance, C = Confused.

6. Conclusions

Regarding the assessment of obtained results, the following conclusions can be outlined:

- 6.1. Regarding the geometry of the Pan-Sharpended Quick Bird images, and based on the adopted Map Standards Accuracy NMAS [Anderson and Mikhail, 1998], for geometric accuracy with confidence region 90%, and from the results showed in **Table (3)**, it can be stated that the accuracy of mapping from geo-corrected Pan-sharpened QuickBird images, corrected using GCPs derived from ground surveying, for a relatively flat terrain, gives an RMS value of 0.886 m in planimetry, which satisfies theoretical and practical large scale mapping of 1:2500 and smaller, taking into consideration the limitations in qualitative check and the fewer number of check points distributed allover the image.
- 6.2. Regarding the qualitative assessment, and from **Table (4)**, it is obvious that there is an increasing description or detectability for the different land use features, in the corrected image compared to the field check. For example, the appearance of buildings in land use category, gained more sharpness and has a shadow effect. The same results are true for the drainage patterns and green areas, within the desert category. Also, the rail way tracks are completely undefined.

7. Recommendations

- 7.1. Re-calculating the results using different GCPs combinations captured from ground surveying.
- 7.2. Using more numbers of check points that well distributed allover the image.
- 7.3. The same for items (1) and (2) but for images that covers hilly terrain.

References

1. Anderson J. and E. Mikhail, (1998). "Introduction to Surveying", International Student Edition, McGraw, Hill Book Co., Singapore, 1998.
2. ERDAS, (2001), "ERDAS Imagine Software for Remote Sensing Applications", ERDAS Inc., Ver. 8.5, 2001, Atlanta, Georgia, USA.
3. DigitalGlobe, (2006), "QuickBird Imagery Products, FAQ", Digital Globe Corp., USA.
4. Pohl C., (1996). "Geometric Aspects of Multisensor Image Fusion for Topographic Map Updating in the Humid Tropics", Ph. D. thesis, ITC publication No. 39, Netherlands.

СЪВМЕСТНА РЕГИСТРАЦИЯ НА ULF ВАРИАЦИИТЕ НА ГЕОЕЛЕКТРИЧНОТО И ГЕОМАГНИТНОТО ПОЛЕ В ГМО – ПАНАГЮРИЩЕ

Бойчо Бойчев¹, Божидар Сребров², Илия Чолаков², Владимир Бойчев¹,
Николай Банков¹, Петко Неновски²

¹ Институт за космически изследвания - Българска академия на науките

² Геофизичен институт - Българска академия на науките
e-mail: boytchev@bas.bg ; srebrov@geophys.bas.bg

Ключови думи: геоелектрично поле, геомагнитно поле, ULF сигнали

Резюме: С инсталирането на нова апаратура за регистрация на геоелектричното поле в ГМО Панагюрище е създадена възможност за провеждането на едновременно регистрация на геомагнитното и геоелектричното поле в една точка. Това дава възможност за съвместна обработка и интерпретация на информацията за тези полета, което позволява да се изследват локални процеси в йоносферата, дълбочинно проучване на Земята и електромагнитен мониторинг в райони с повишена сеизмична активност. Геомагнитните вариации се регистрират със съвременни флуксгейт магнитометри с честота едно векторно измерване (трите компоненти) в секунда и с разрешение 0.1 nT в диапазона от 0 до 100 000 nT. Тази информация се събира от две отделни системи за регистрация, натрупване и трансляция. Вариациите на геоелектричното поле се измерват и регистрират по 2 взаимно перпендикулярни направления изток-запад и север-юг. Сигналите се измерват в 2 честотни ленти 0 - 0,02 Hz с честота 1 изм./мин. и 0,02 – 1 Hz, с честота 5 изм./с. Разрешението е съответно 0.0012 mV/m и 0,01 mV/m при 100 m разстояние между сензорите. Сигналите се измерват с 16 битова точност, като записа на информацията е 12 бита. Събираната информация се натрупва в цифров вид в стандартен PC и се транслира чрез модем и телефонна линия. Предстои преработка на интерфейсите за свързка на апаратурата, като те се уеднаквяват с тези на апаратурата за геомагнитните измервания с възможност за трансляция по Интернет.

SIMULTANEOUS REGISTRATION OF GEOELECTRIC AND GEOMAGNETIC ULF FIELD VARIATIONS IN PANAGYURIShte GEOMAGNETIC OBSERVATORY - PAG

Boycho Boychev¹, Bozhidar Srebrov², Iliya Cholakov², Vladimir Boychev¹,
Nikolai Bankov¹, Petko Nenovski²,

¹Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

²Geophysical Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: boytchev@bas.bg ; srebrov@geophys.bas.bg

Keywords: geoelectric field, geomagnetic field, ULF signals

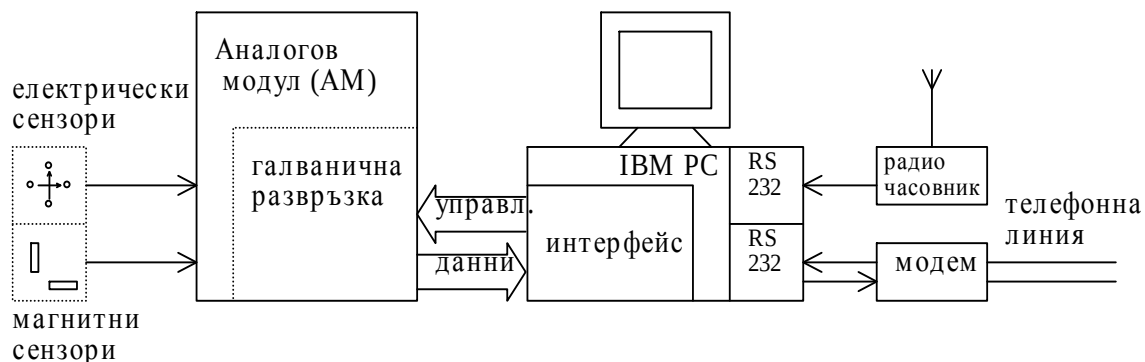
Abstract: After the installation of new apparatuses for registration of the geoelectric field in Geomagnetic Observatory Panagyurishte (PAG) is created a possibility for carrying out of simultaneously registration of the geomagnetic and the geoelectric fields in one point. This fact provides the possibility for together treatment and interpretation of the information for these natural fields. This takes chances for investigations of the local ionospheric phenomena, for deep electromagnetic sounding and for geoelectromagnetic monitoring of the ambient areas with heightened seismic activity. The geomagnetic variations are registered by contemporary fluxgate magnetometers with sampling frequency one vector measurement per sec. and with accuracy 0.1 nT in the range from 0.1 nT to 100 000 nT. This information is collected by two different systems for registration, accumulation and transfer. The geoelectrical field variations is registred along two perpendicular directions N-S and E-W . The signals are measured in two frequency bands 0 - 0.02 Hz with sampling frequency 1 measurement per min. and 0.002 - 1 Hz with sampling frequency 5 measurements per sec. The accuracy of the measurement is 0.0012 mV/m at 0,01 mV/m for 100 m sensors distance. The collected digital information is accumulated in PC and is transferred by modem and telephone line. Forthcoming overwork of this equipment, for its identical functioning of the communication interfaces, as that of the mentioned above geomagnetic measuring apparatuses and with possibility for data carrying by Internet

Регистрация на геоелектричното поле

Вариациите на геоелектричното поле се измерват и регистрират по 2 взаимно перпендикулярни направления изток-запад и север-юг. Сигналите се измерват в 2 честотни ленти 0 - 0,02 Hz с честота 1 изм./мин. и 0,02 – 1 Hz, с честота 5 изм./сек. Измервателната система е предназначена за измерване на геоелектрически потенциали и свръхнискочестотни електрически и магнитни полета, индуцирани от процеси в магнитосферата, йоносферата и в повърхностния почвен слой. Разработена е от колектив от ИКИ-БАН с цел изследване вариациите в амплитудата на естественото електромагнитно поле и изследване на геоелектрически потенциали, свързани със сеизмична активност.

Системата се състои от датчикова част, включваща вкопани в земната повърхност 4 електрически и 2 магнитни сензора, специализиран многоканален аналого-цифров модул, осигуряващ отвеждане, усилване, филтрация и аналого-цифрово преобразуване с 12 битова точност на получаваните от сензорите сигнали, както и персонален компютър, служещ за управление на системата и натрупване и визуализация на получаваната информация по време на провеждане на измерванията. Информацията с обем 4,5 Mb на денонощие се натрупва в твърдия диск на участващия в системата компютър във вид на минутни и часови файлове с точна привръзка по време с оглед провеждане на синхронни измервания от няколко системи, изследвания на процеси с висока динамика и точно възстановяване на получаваната информация. С оглед съхраняване на точността на измерванията при дълговременни измервания е предвидена и периодична автоматична калибровка на системата. Натрупваната информация може да бъде източвана чрез FDD 1,44 Mb, RS232 интерфейс и модем през телефонна или радиолиния. Системата може да работи напълно автономно като 1 минута след подаване на мрежово захранване започва или възстановява измерванията и натрупването на информацията.

Няколко такива (измервателни) системи могат да работят едновременно в мрежа, като подават при поискване чрез модемна връзка и телефонна линия натрупваната в тях информация на друг (централен) компютър, в който са съсредоточени натрупването на база данни от всички пунктове за измерване, и обработка на информацията. Структурната схема на измервателната система е представена на Фиг. 1. По-подробно апаратурата е описана в [1,2,3].



Фиг. 1. Структурна схема на системата за геоелектрични измервания

С измервателната система до сега са провеждани измервания на следните измервателни точки:

На сеизмична станция - Витоша през август – септември 2000 г.; на сеизмична станция - Крупник - в периода 2004 – 2007 г. и продължава, и в ГМО Панагюрище – от 05.2007 г. и продължава.

При провеждане на измерванията в ГМО Панагюрище магнитни сензори към апаратурата не са включени, поради съществуващата високоточна регистрация на вариациите на геомагнитното поле в обсерваторията.

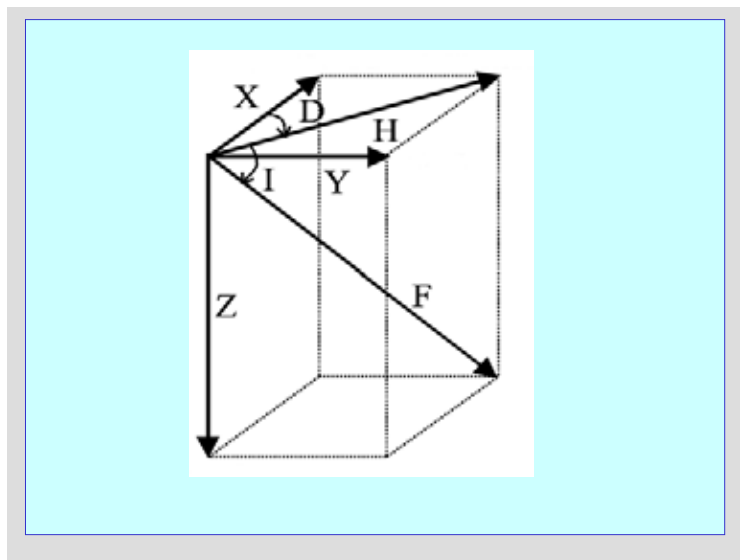
Регистрация на геомагнитното поле в ГМО Панагюрище

Наличната апаратура за регистрация на геомагнитни вариации е на най-съвременно ниво и се състои от две серии, цифрови магнитометри за регистриране вариациите на геомагнитното поле (флуксгейт вариометри), тип "Magson" [4] и "FGE"[5], като във всяка серия работи по една система за цифроване и събиране на данни (дейта логер) тип "MAGDALOG"[6]. Диапазонът на измерване на геомагнитното поле е от 0.1 до 100 000 nT, който е стандартен за регистрация на естествените

вариации на геомагнитното поле от такъв тип обсерваторни инструменти. От дейталогерите цифровата информация за регистрацията на компонентите на геомагнитното поле, а също и за тоталният вектор F , получава се чрез овърхаус протонен магнитометър тип GSM-90 [7], постъпва през съответните локални за всяка серия компютри в общ работещ в "Линукс" компютър. Последният е свързан в локалната мрежа на обсерваторията и Интернет.

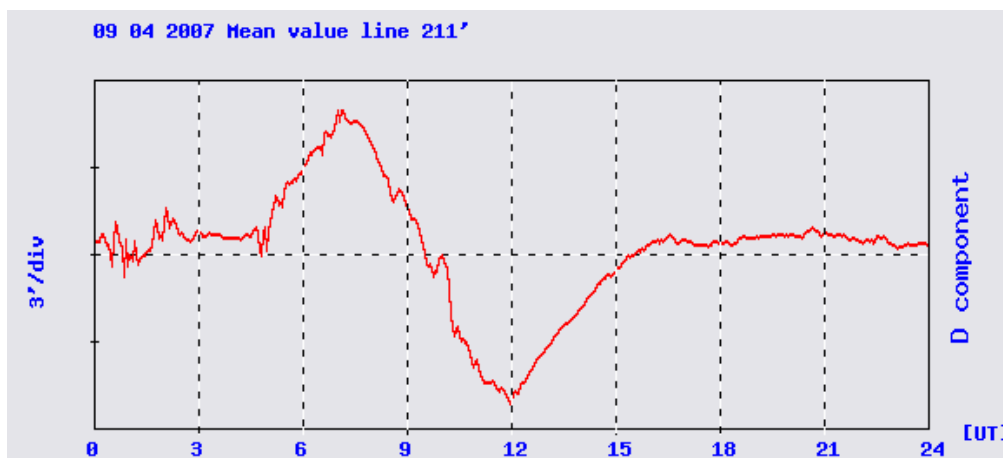
Тоталният вектор на геомагнитното поле F в северното полукълбо на Земята е представен на Фиг. 2 заедно с неговите компоненти в декартови координатна система X, Y, Z и в полярни координати. Последните са геомагнитните деклинация D , инклинация I и хоризонталната компонента H . В обсерваторията се регистрират чрез вариометрите декартовите компоненти и се изчисляват в реално време полярните компоненти.

Получената информация за вариациите на компонентите на геомагнитното поле и за вариациите на тоталния вектор се събират и се визуализират в центъра за обработка на информацията, разположен в административната сграда на обсерваторията.

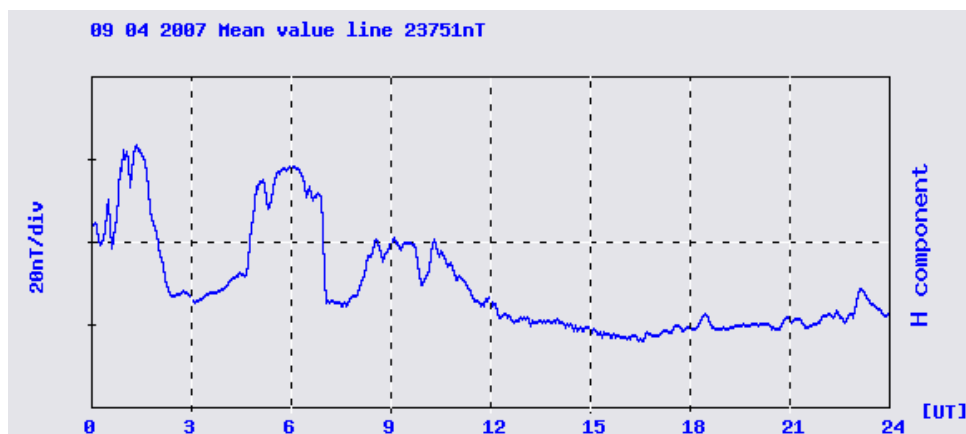


Фиг. 2. Вектор на геомагнитното поле в северното полукълбо и неговите компоненти в декартова и полярна координатна системи

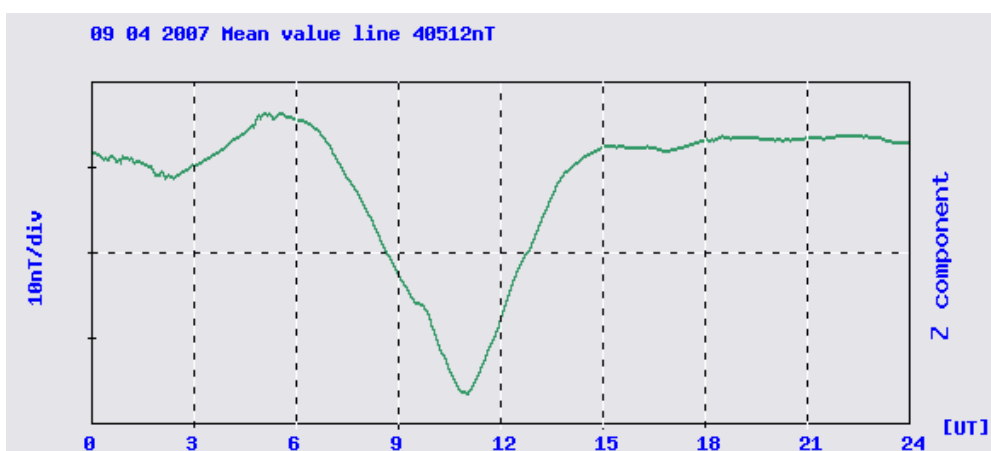
На Фиг. 3а, 3в и 3с са показани съответно D , H и Z компонентите на геомагнитното поле за едно спокойно в геомагнитно отношение денонощие. На тези магнитограми се вижда ясно характерният денонощен ход на полето, свързан с прилива на атмосферата, предизвикан от слънчевата радиация в електромагнитния диапазон и в по-малка степен от гравитацията на Луната. Тези вариации са известни като S_q и L вариации. В този случай D и Z са характерни за спокоен ден, докато H е сравнително смутена. Анализът на магнитограмите от това денонощие показва, че в прилежащата на обсерваторията област на литосферата не е имало значителни вътрешноземни токове.



Фиг. 3 а. Денонощно изменение на геомагнитната деклинация D в геомагнитно спокоен ден



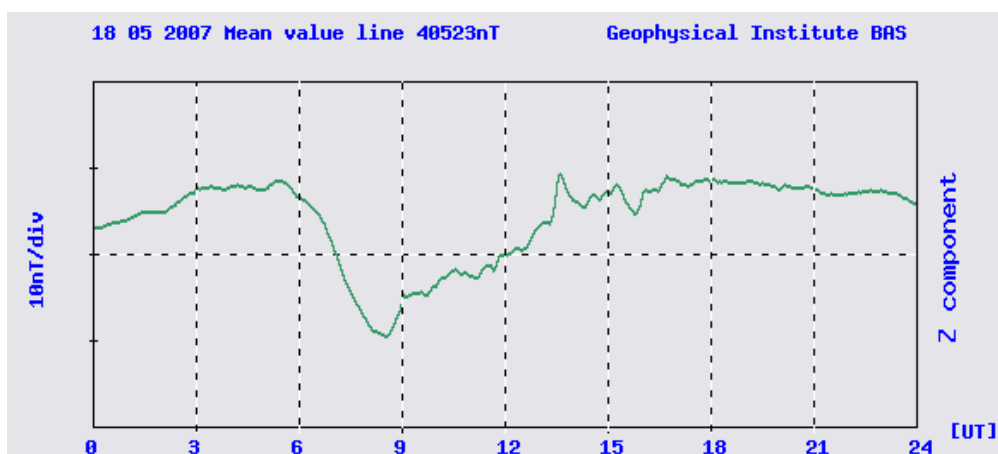
Фиг. 3 в. Денонощно изменение на *H* компонентата в геомагнитно спокоен ден



Фиг. 3 с. Денонощно изменение на *Z* компонентата в геомагнитно спокоен ден

Съвместно регистриране на геомагнитните и геоелектричните вариации в геомагнитна обсерватория Панагюрище

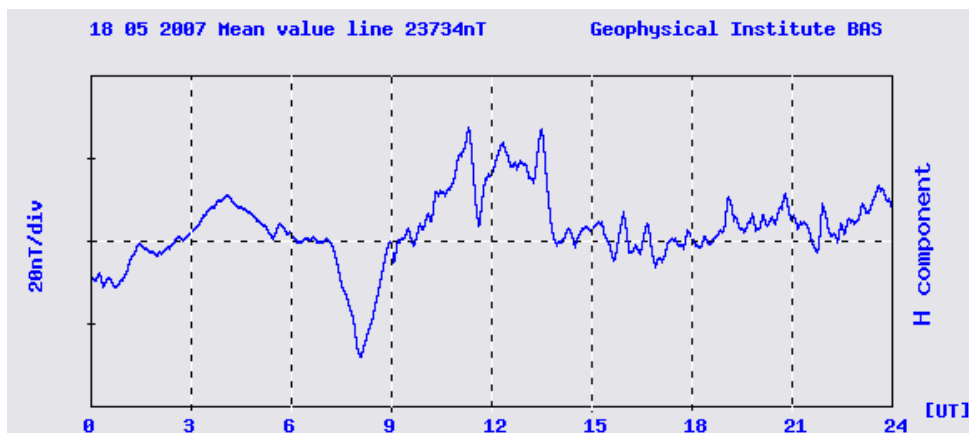
След инсталирането на апаратурата за електротелурични измервания в ГМО Панагюрище в началото на м. май 2007 г. започна съвместна регистрация на геомагнитното и геоелектричното полета. На Фиг.1 е представена магнитограмата на *Z* компонентата на геомагнитното поле в един първите дни със съвместна регистрация -18.05.2007 г.



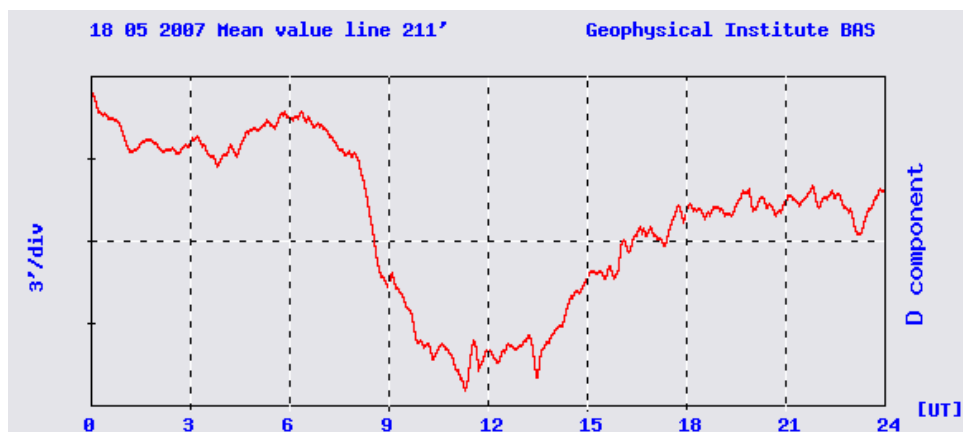
Фиг. 4. Изменение на *Z* компонентата на геомагнитното поле на 18.05.2007 г. в ГМО Панагюрище

На Фиг. 5 е представена магнитограма на *H* компонентата на геомагнитното поле в същия ден, а на фиг. 6 е представено изменението на деклинацията *D* отново за тази дата. На магнитограмите

се вижда добре денонощния ход на геомагнитното поле в този относително спокоен в геомагнитно отношение ден. Но в магнитограмата на Z и H компонентата се наблюдава смущение, предизвикано от вътрешно земни токове в района на регистрацията. Продължителността на смущението е около единадесет часа от 06 до 17 часа UT.



Фиг. 5. Изменение на H компонентата на геомагнитното поле на 18.05.2007 г. в ГМО Панагюрище



Фиг. 6. Изменение на геомагнитната деклинация D на 18.05.2007 г. в ГМО Панагюрище

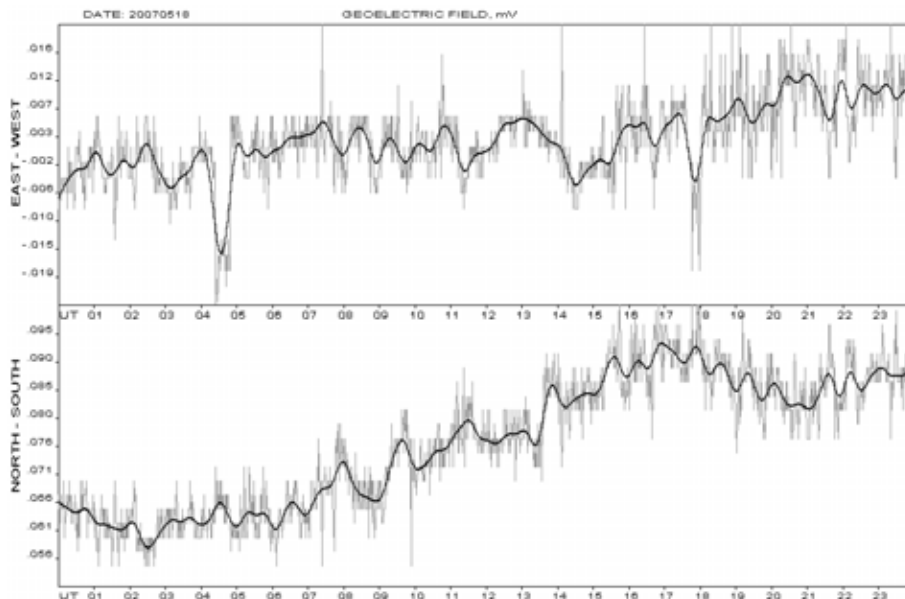
Регистрираните изменения на геоелектричното поле за същото денонощие са показани на следващите фигури. На Фиг. 7 е представено изменението на геоелектричното поле на 18.05.2007 г. в направление север-юг, а на Фиг. 8 е представено изменението на полето в перпендикулярното направление изток-запад. В интервала 6 до 17 часа UT се забелязват значителни относително по-високофреkwентни девиации на геоелектричното поле и по двете направления, но по-силно изразено в направлението изток-запад. Тези девиации са независими от общия относително по-нискофреkwентен тренд и следва да се свържат с протичане на подземни токове в прилежащата на обсерваторията област.

Съвмествяване на двата вида измерване

Геоелектричното поле в един сравнително широк честотен диапазон възниква в резултат на индукция в твърдата земя, предизвикана от външните по отношение на нея токови системи, разположени в йоносферата и магнитосферата. Съществуват и данни за генерация на геоелектрични полета и в резултат на вътрешноземни причини: геоелектрохимични процеси, полета свързани с явления в различни геоложки структури и такива, предизвикани от тектонското движение в райони с повишена сеизмичност.

Провеждането на едновременно регистрация на геомагнитното и геоелектричното поле в една точка, така както е предвидено в настоящата работа, дава по широки възможности за определяне на параметрите на средата в дълбочина под земната повърхност. Тази регистрация дава възможност да се интерпретират получените данни за двете полета по отношение на геоложките структури, разположени в дълбочина под измерителната точка. Така например, при съвмествянето на двата вида данни е възможно да се определи стойността на проводимостта на скалите и положението на границите между различните геоложки слоеве, а също така и евентуални изменения

на проводимостта във времето, породени от тектонски процеси. Непрекъснатата регистрация на геоелектричното и геомагнитното поле в ГМО Панагюрище може да се използва и като сравнително измерване (референс) за всички бъдещи полеви магнитотелурични проучвания на територията на България, които се провеждат с цел изследване на различни локални геоложки структури.



Фиг. 7. Изменение на геоелектричното поле, регистрирано в ГМО Панагюрище на 18.05.2007 г. в направление изток-запад и север-юг

Освен изложеното по-горе, съвсем естествено е данните от съвместната регистрация на геоелектричното и геомагнитното поле да се използват и за изследване на естествените външни явления (магнитосферни и йоносферни), които са причина за индуктиране на токове в твърдата земя. Характерен в това отношение е представеният тук пример със записите на геомагнитното и геоелектричното поле от 18.05.2007 г., където са установени изменения, свързани с вторични земни токове, предизвикани от локални йоносферни аномалии. Както се вижда, тук от съществено значение е възможността да бъдат разграничени онези части на явленията, които имат локален характер. Така например, очевидно е, че по тези данни може да се съди, както за локалното състояние на йоносферата на съответните географска и геомагнитна ширина и дължина, а също така и за влиянието на локалните телурични токови системи по отношение на тоталното естествено геомагнитно и геоелектрично поле.

Благодарност

Настоящата работа е финансирана от Министерство на образованието и науката, Фонд "Научни изследвания" чрез договор НЗ-1402/2004.

Литература

1. Б о й ч е в Б. Методи и средства за измерване на нискочестотни електромагнитни полета от магнитосферен и литосферен произход. *Автореферат към Дисертация*, ИКИ-БАН, София, 2003.
2. B o y t c h e v B.V., P.I. N e n o v s k i. Ground-based Diagnostics of the Electromagnetic Environment of Solar Activity and Natural Disasters, *Proceedings of International Conference on Recent Advances in Space Technologies-RAST 2003*, November 20-22, 2003, Istanbul, Turkey, IEEE Cat. No 03EX743, ISBN 0-7803-8142-4, pp. 509-513.
3. B o y t c h e v B., P. N e n o v s k i. Ground-based Diagnostics of the Inner Magnetospheric, Ionospheric and Litospheric Parameters by Geomagnetic Pulsations Measurements, COSPAR Colloquium, INTERBALL 2002, Sofia, *Advances in Space Research*, 31(5), 2003, pp. 1241-1246.
4. www.magson.de;
5. www.dmi.dk;
6. Geomagnetic Observatory "Adolf Schmidt" – Niemegk, Germany, <http://www.gfz-potsdam.de>;
7. www.gemsys.ca.

ШУМ И НЕОПРЕДЕЛЕНОСТИ В ДИСТАНЦИОННИТЕ СПЕКТРОМЕТРИЧНИ ИЗМЕРВАНИЯ

Валентин Атанасов, Любомира Кралева, Георги Желев

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: vatanassov@space.bas.bg

Ключови думи: Дистанционни изследвания, спектрометрични измервания, шум и неопределености.

Абстракт: В работата са анализирани източниците на шум и неопределености в спектрометричните измервания, извършена е тяхната систематизация и класификация по различни признаци и са посочени пътищата за минимизиране влиянието им.

Като правило тези източници са с широк спектър и във всички случаи, когато данните от измерванията ще бъдат използвани за последващи анализи, те трябва да бъдат отчитани, като всеки от тях трябва да бъде локализиран, анализиран и характеризиран. Една част от тях трябва да бъдат определени и взети в предвид още в етапите на проектиране на спектрометричната апаратура, а за друга част трябва да бъдат набелязани процедури за изпълнение по време на измерванията.

Приложените анализ и класификация на източниците на шум и неопределеност, появяващи се в процеса на измерването, позволява не само количественото им определяне, но и планиране на процедури за предварителна обработка с цел изключване или свеждане до минимум влиянието им върху изходните данни, като по този начин се постига една по-добра съпоставимост на тези данни и се подобрява еднозначността на получената информация.

NOISE AND UNCERTAINTIES IN REMOTE SENSING SPECTROMETRIC MEASUREMENTS

Valentin Atanasov, Lubomira Krалеva, Georgi Jelev

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: vatanassov@space.bas.bg

Key words: Remote sensing, spectrometric measurements, noise and uncertainties.

Abstract: The paper presents an analysis of the sources of noise and uncertainties in spectrometric measurements, providing a systematic classification of such sources by various indicators, and outlining the approaches for minimizing their influence.

As a rule, such sources feature a wide spectrum and in any case, when the measurement data will be used for follow-up analyses, they should be accounted for by localizing, analyzing, and characterizing each of them. Part of them should be defined and accounted for yet at the spectrometric equipment's design stage, and regarding the other part, procedures to be observed during the measurement stage should be outlined.

The analysis and classification of the sources of noise and uncertainties during the measurement stage provides not only for their quantitative determination, but also for the planning of preliminary processing procedures aiming to eliminate or minimize their influence on output data, thus ensuring better conditions for juxtaposing such data and reducing the ambivalence of obtained information.

1. Увод

Дистанционните спектрометрични измервания изискват решаване на редица мултидимензионни проблеми, тъй като регистрираната от приборите радиация е не само функция на спектралните отражателни характеристики на изследвания обект, но и на променливи, определящи общата стойност на радиацията на входа на сензора [1], и също така на други фактори, като например свойства на оптичната система, използвана електроника, и др.

Качеството на измерванията е най-трудният проблем на спектроскопията. Извършвани с практически инструменти, които са винаги неидеални, оптически чистите измервания са само приблизителни. Следователно интерпретацията на получените масиви данни е предмет на някаква неопределеност и е често зависима от предположения, които ще бъдат направени за обекта на измерване. Необходимо е да се идентифицират различните елементи на шум и неопределености при

последователността стъпки от формиране на изображения до класификацията на сцената, като се отчитат и неопределеностите и неточностите при самата класификация. Трябва да се отбележи, че този процес не може да бъде използван за отстраняване или компенсиране на евентуални недобри технически характеристики на системата, определени от етапите на конструиране. Крайният резултат от този процес е получаване на един относително независим от сензора и условията на измерване сигнал, който може да бъде използван за бъдещи анализи в дистанционните изследвания.

2. Източници на грешки в спектрометричните измервания

Основен източник на грешки е неопределеността и нестабилността на измерванията, извършвани с такива инструменти, регистриращи отразена радиация. В количествено отношение тази висока неопределеност се обуславя не само от източниците, формиращи общата мощност на пристигания на входа на прибора сигнал, но и от типа на използвания прибор. Изведеният в [2] функционал, отразяващ влиянието на различните съставни на комплексния входен сигнал върху изходния сигнал на сензора, и допълнен с влиянието на параметрите на самия прибор, може да бъде записан във вида:

$$S = f[T_{d,\lambda}, T'_{d,dif,\lambda}, \varphi, \theta, \rho_{g,\lambda}, T_{d,adj,\lambda}, T'_{d,dif,adj,\lambda}, \rho_{g,adj,\lambda}, W_a, T_{u,\lambda}, T'_{u,dif,\lambda}, L_{atm}, R_{\lambda}, \Delta A],$$

където: S - изходен сигнал на сензора, $T_{d,\lambda}$, $T'_{d,dif,\lambda}$, $T_{d,adj,\lambda}$, $T'_{d,dif,adj,\lambda}$ - коефициенти на пропускане на падаща директно попаднала и дифузна радиация, φ - ъгъл на падане, θ - ъгъл на наблюдение, $\rho_{g,\lambda}$, $\rho_{g,adj,\lambda}$ - коефициенти на отражение, W_a - коефициент на тежест, отчитащ ефекта на близост, $T_{u,\lambda}$, $T'_{u,dif,\lambda}$ - коефициенти на пропускане от изследваната повърхност към сензора, L_{atm} - атмосферна обратно разсеяна радиация, R_{λ} - спектрална характеристика на чувствителност на прибора, ΔA - изследвана площ във входната апертура на сензора.

Източниците на шум и неопределеност, в зависимост от етапите на появата им, могат да бъдат илюстрирани чрез диаграма, показана в Таблица 1, описваща процесите на формиране на данните и информацията в дистанционните изследвания. При всяка от стъпките в процеса на формиране на данните се идентифицират въвежданите шум и неопределености, които нарушават качеството на данните.

Таблица 1

ЕТАПИ	ПРОЦЕСИ	ИЗТОЧНИЦИ НА ШУМ
1. Спектрални характеристики на изследвания обект в полезрение IFOV и спектралните канали на прибора	Взаимодействие източник - обект	Естествени вариации на характеристиките в рамките на определен клас или смесени класове в полезрение на IFOV, $\Delta\rho_{g,\lambda}$
2. Падаща радиация върху изследваната повърхност като функция от директна и разсеяна слънчева радиация	Пропускане, разсейване	Преминала през атмосферата и променена слънчева радиация, $T_{d,\lambda}$, $T'_{d,dif,\lambda}$
3. Радиация върху изследваната повърхност като функция от ъгъла на падане и ъгъла на наблюдение на повърхността и особености на самата повърхност	Отражение и/или излъчване	Топографски въведени вариации (ъгъл на падане, ъгъл на наблюдение), особености на повърхността, емисионни ефекти, φ , θ , ΔA
4 Радиация от съседни области на изследваната повърхност като функция от падаща и отразена слънчева радиация и/или излъчване и	Сумиране, ефект на близост	Разсеяна радиация породена от радиацията, която се отразява от съседни площи на изследваната повърхност и след това се сумира в основния лъч, $T_{d,adj,\lambda}$, $T'_{d,dif,adj,\lambda}$

5. Обратно преминаване на отразената радиация през атмосферата	Пропускане, разсейване	Вариации в затихването при преминаване през атмосферата, разсеяна радиация, $T_{u,\lambda}$, $T_{d,diff,\lambda}$, $\rho_{g,adj,\lambda}$, W_a
6. Разсейване от атмосферата	Разсейване	Атмосферна обратно разсеяна радиация, която не оказва въздействие върху изследваната повърхност, L_{atm}
7. Формиране на изображение	Оптико-електронно преобразуване	Неидеалност на оптичната система, движение на изображението, шум в детектора, радиометрични и геометрични грешки от калибрирането, Δu , Δu_{dc} , Δr , Δg , ΔR_λ
8. Цифроване на изображението	Дискретизация, квантоване	Грешки от дискретизацията и квантоването, Δc , Δu_q
9. Цифрова обработка на изображенията	Алгоритми за обработка	Загуба на радиометрична и геометрична точност вследствие на процесите на обработка, Δr_p , Δg_p
10.Класификация	Алгоритми за класификация	Нехомогенност, грешки от позициониране, Δx , Δy
11. Вероятни характеристики на изследвания обект		

Източниците на нестабилност, в зависимост от произхода на генерирания шум, могат да бъдат разделени условно на две основни групи –

♦ източници на нестабилност, генерирани от външни за прибора фактори, към която група могат да бъдат причислени:

- вариации в оптичното отражение на изследвания обект предизвикани от ефектите на поглъщане, отражение, разсейване, излъчване;
- влияние на фона върху формиране на пълната мощност на лъчението, регистрирано от сензора;
- промени в оптичната проводимост на атмосферата, предизвикани от вариации в температура, налягане, количество водни пари и разпределение на молекули, влияещи на ефектите на поглъщане, отражение, разсейване;
- влияние на направлението на наблюдение на изследвания обект върху формиране на пълната мощност на лъчението, регистрирано от сензора;

♦ източници на нестабилност, генерирани от самия прибор, към която група могат да бъдат причислени:

- неидеалност на оптичната система;
- неидеалност на апаратурата, участваща в процеси на формиране на изображение, шумове в детектора, цифроване на данните.

Като допълнение може да се посочи, че значително влияние върху определяне на метричните характеристики на системата оказва качеството на електрониката и параметрите на апаратурата за обработка на данните.

Приложените класификации на източниците на шум и неопределености, появяващи се в процеса на измерването, позволяват не само количествено определяне, но и прилагане на предварителна обработка на данните с цел изключване или свеждане до минимум влиянието им върху изходните резултати, с цел по-добра съпоставимост на тези данни и подобряване на еднозначността на получената информация.

3. Резултати и изводи

1. Извършена е систематизация и класификация по различни признаци на източниците на шум и неопределености в дистанционните спектрометрични измервания.

2. Подходящата идентификация на източниците на шум и неопределености, появяващи се в процеса на измерването, позволява количественото им определяне и изключване от получените данни и една по-добра съпоставимост на тези данни, както и подобряване на еднозначността на получената информация. Този процес също демонстрира нуждата от предварителна обработка на данните преди да бъдат използвани в класификационните алгоритми.

3. С цел минимизиране влиянието на източниците на шум и неопределености една част от тях трябва да бъдат анализирани и взети в предвид още в етапите на проектиране на спектрометричната апаратура, а за друга част трябва да бъдат набелязани процедури за изпълнение по време на измерванията с цел минимизиране влиянието им.

4. Идентификацията на източниците на шум и неопределеност дава възможност за дефиниране на оптимални изисквания към параметрите и характеристиките на разработваните спектрометрични системи, като по този начин се оказва значително влияние върху усложняването и цената на бъдещите сензорни системи

5. Източниците на грешки в спектрометричните изследвания са с широк спектър и във всички случаи, когато данните от измерванията ще бъдат използвани за последващи анализи, те трябва да бъдат взети в предвид, като всеки от тях трябва да бъде локализиран, анализиран и характеризирен.

Литература:

1. Slater, Ph. Remote Sensing. Optics and Optical Systems. London, 1980.
2. Атанасов В., Г. Желев, Л. Краева. Уравнение на измерване в спектрометрични системи. Трета научна конференция с международно участие SENS 2007, 27 – 29 юни 2007 г. Варна.

УРАВНЕНИЕ НА ИЗМЕРВАНЕ В СПЕКТРОМЕТРИЧНИ СИСТЕМИ

Валентин Атанасов, Любомира Кралева, Георги Желев

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: vatanassov@space.bas.bg

Ключови думи: Дистанционни изследвания, спектрометрични системи, уравнение на измерване.

Абстракт: В дистанционните измервания регистрирането на попадналата върху сензора радиация става след преминаването и от източника до изследвания обект и оттам обратно до сензора. Основна задача на измерванията е да се определи изследвания обект чрез неговите характеристики, като форма, размери, състав, температура и други параметри, представляващи интерес за изследователите. Информацията за обекта се заключава в реакцията на прибора.

В работата са описани уравненията на разпространение на радиацията от източника до изследвания обект и от там обратно до сензора и са разгледани различните физически процеси съпътстващи това разпространение. Изведено е уравнение на измерване на спектрометрични системи в дистанционните изследвания, като в него са отчетени ефектите от преминаване на радиацията до сензора. Полученото уравнение на измерване позволява установяване на функционална връзка между изходния сигнал на прибора от една страна и от друга както от параметрите на изследвания обект, така и от условията на измерване, отразяващи влиянието на различните съставни на комплексния входен сигнал върху изходния сигнал на сензора.

MEASUREMENT EQUATION IN SPECTROMETRIC SYSTEMS

Valentin Atanassov, Lubomira Krалеva, Georgi Jelev

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: vatanassov@space.bas.bg

Key words: Remote sensing, spectrometric systems, measurement equation.

Abstract: In remote sensing, the registration of the radiation fallen onto the sensor is accomplished after it has passed from the source to the studied object and then back to the sensor. The basic measurement task is to define the studied object by its characteristics, such as form, size, composition, temperature, and other parameters of interest for the researchers. The information about the object is contained in the device's reaction.

The paper provides a description of the radiation propagation equations from the source to the studied object and then back to the sensor and a discussion on the various physical processes accompanying such propagation. The measurement equation for remote sensing spectrometric systems is derived, which accounts for the effects of the radiation's transition to the sensor. The derived measurement equation provides to establish the functional relation between the device's output signal, on the one hand, and on the other hand, the studied object's parameters and the measurement conditions, reflecting the influence of the different components of the complex input signal on the sensor's output signal.

1. Увод

В дистанционните изследвания, в това число и при използването на видеоспектрометрични системи, регистрирането на попадналата върху входа на прибора радиация става след преминаването и от източника до изследвания обект и обратно до сензора. Целта на измерването е да се определи изследвания обект чрез неговите характеристики, като форма, размери, състав, температура и други параметри, представляващи интерес за изследователите. Информацията за обекта се заключава в реакцията на прибора.

2. Разпространение на радиацията от източника до сензора

Основна задача в дистанционните измервания е определяне на характеристиките на изследваните обекти от пристигащия от тях поток радиация. Обикновено падащият върху

изследваната повърхност радиационен поток е частично отразен от нея, а една част от него бива пропусната и/или погълната от материала. За една обобщена повърхност уравнението на взаимодействие, следвайки закона на Кирхоф, може да бъде записано във вида:

$$(1) \quad \Phi_i = \Phi_r + \Phi_t + \Phi_a,$$

където с индексите са означени пристигащия, отразения, пропуснатия и погълнатия потоци. Разделяйки горното уравнение на $\Phi_{\lambda i}$, получаваме:

$$(2) \quad \rho + \tau + \alpha = 1,$$

където ρ, τ, α са спектралните коефициенти на отражение, пропускане и поглъщане на обекта.

В най общия случай измервания поток радиация Φ_T , пристигащ от обекта, би могъл да бъде сума от отразен поток радиация Φ_r и термално излъчен поток Φ_e

$$(3) \quad \Phi_T = \Phi_r + \Phi_e$$

За дистанционните изследвания, независимо от важността на общия радиационен баланс, интерес представляват отделните компоненти на отразения Φ_r и излъчения радиационен поток Φ_e . Основен източник на радиация в дистанционните изследвания в оптичния диапазон е Слънцето. Максимумът на слънчевото излъчване е разположен близо до диапазона $0.5\mu m$, който е на значително разстояние от максимума на термалното излъчване от Земята [1]. Повече от 99.9% от сигнала в сензора във видимата част на електромагнитния спектър е породена от този източник. Само при $2.5\mu m$ излъчената радиация от земната повърхност допринася за до 1% от общото излъчване (при регулярна температура на повърхността). По тази причина излъчваната радиация от Земята не се взема предвид при такива изследвания.

Плътността на извънземната радиация $E_0 [W/m^2]$ се определя като поток слънчева енергия Φ_0 за единица площ $A_{\perp}$, перпендикулярна на направлението на потока:

$$(4) \quad E_0 = \Phi_0 / A_{\perp}$$

Потокът радиация, преминаващ през атмосферата до земната повърхност е подложен на разсейване и поглъщане от атмосферните аерозоли и газове (фиг.1). Коефициентът на пропускане на падащата радиация τ_d е комбинация от коефициентите на пропускане на аерозолите и газовете за единица съставна част на атмосферата:

$$(5) \quad \tau_d = \prod_i (\tau_{d,i})$$

Една част от разсеяната радиация е насочена обратно в космоса, докато друга част след многократно разсейване попада върху земната повърхност. Заедно с директно попадналата радиация тази дифузна радиация E_{dif} формират общата радиация E_g върху земната повърхност:

$$(6) \quad E_g = E_0 \tau_d + E_{dif}$$

Дифузната радиация обикновено се изразява като продукт на извънземната радиация [2] и коефициента на дифузно проникване $\tau'_{d,dif}$ и горното уравнение може да бъде записано като:

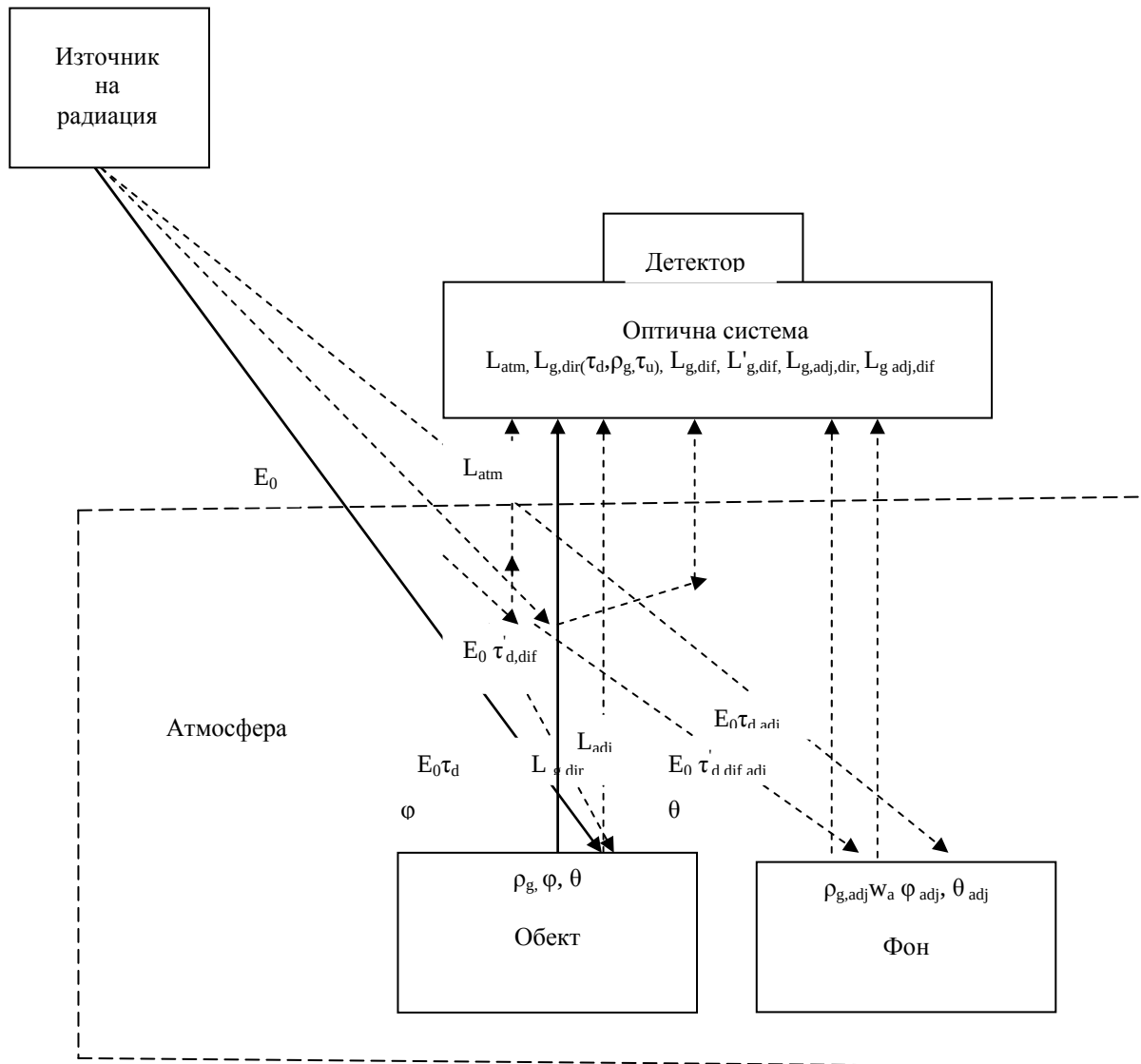
$$(7) \quad E_g = E_0 \tau_d + E_0 \tau'_{d,dif} = E_0 \tau_{d,irr},$$

където сумарният коефициент на пропускане $\tau_{d,irr} = E_g/E_0$.

Уравнение (7) не отчита наклона и особеностите на земната повърхност. Радиацията върху реалната повърхност E_{gnd} е изведена от уравнение (7), като е редуцирана с косинуса на падащия ъгъл φ (фиг.2):

$$(8) \quad E_{gnd} = E_0 \tau_d \cos \varphi + E_0 \tau'_{d,dif} = E_0 \cos \varphi (\tau_d + \tau'_{d,dif} / \cos \varphi) = E_0 \cos \varphi \tau_{d,app},$$

където действителния коефициент на пропускане $\tau_{d,app} = \tau_d + c \tau'_{d,dif}$.



Фиг.1. Източници, участващи във формиране на общата мощност на регистрираната от прибора радиация

Директно отразената от земната повърхност радиация се определя чрез коефициента на отражение ρ_g като:

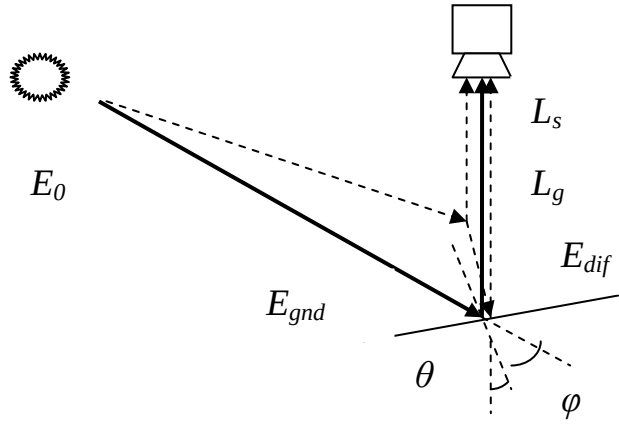
$$(9) \quad L_{g,dir} = (\rho_g/\pi) E_{gnd}$$

Единицата за измерване на радиацията е $W/(m^2 sr nm)$.

Върху лъча отразена от земната повърхност радиация към сензора се добавят два основни компонента разсеяна радиация. Първият компонент е този, който се поражда от радиацията, която се отразява от съседни площи на изследваната повърхност и след това се сумира в лъча. Този ефект на близост има значителен принос в общата радиация при сензорите с голяма височина. По този начин общата отразена от земната повърхност радиация може да бъде описана като:

$$(10) \quad L_g = L_{g,dir} + L_{g,adj} = (\rho_g + \rho_{g,adj}w_a)\pi^{-1}E_{gnd} ,$$

където $\rho_{g,adj}$ е усреднения коефициент на отражение от съседна площ и w_a константа за тежест на ефекта на близост (зависеща от количеството аерозоли в атмосферата).



Фиг. 2. Компоненти на радиацията на входа на спектрометричен сензор

Директният коефициент на пропускане от земната повърхност към сензора $\tau_{u,i}$ на различни атмосферни компоненти i се умножава по същия начин, както и падащите коефициенти на пропускане и трябва да бъдат комбинирани в общ коефициент на пропускане:

$$(11) \quad \tau_{tot} = \prod_i (\tau_i) = \prod_i (\tau_{d,app,i}) \prod_i (\tau_{u,i})$$

Следващият адитивен член на радиацията към сензора е атмосферната обратно разсеяна радиация L_{atm} , която не оказва въздействие върху земната повърхност. Общата радиация на входа на сензора може сега да бъде описана като:

$$(12) \quad L_s = \tau_u (\rho_g + \rho_{g,adj} w_a) \pi^{-1} \cos \varphi (\tau_d + \tau'_{d,dif} / \cos \varphi) E_0 + L_{atm}$$

Всички параметри от уравнения (12), зависят от дължината на вълната на използвания канал. Добавяйки индекса на избрания канал получаваме:

$$(13) \quad L_{s,\lambda} = \tau_{u,\lambda} (\rho_{g,\lambda} + \rho_{g,adj,\lambda} w_a) \pi^{-1} \cos \varphi (\tau_{d,\lambda} + \tau'_{d,dif,\lambda} / \cos \varphi) E_{0,\lambda} + L_{atm,\lambda}$$

3. Уравнение на измерване

Уравнението на измерване помага за едно по-обобщено представяне на основните техническите характеристики на системата. Спектралната характеристика на чувствителност R_λ на прибора се изразява като отношение на изменението на изходния сигнал ΔS към изменението на мощността на приемания радиационен поток $\Delta \Phi_\lambda$:

$$(14) \quad R_\lambda = \Delta S / \Delta \Phi_\lambda$$

Тъй като основен интерес тук е да се измери средната спектрална радиация за определена лента от дължината на вълната и определена площ, то измервателното уравнение се записва във вида:

$$(15) \quad S = R_\lambda L_\lambda \Delta \lambda \Delta A,$$

където: S - изходен сигнал на прибора, представляващ отговор на инструмента, $L_\lambda [\mu W/cm^2 sr nm]$ - мощност на лъчението от площ ΔA във входната апертура на прибора, $\Delta \lambda$ - спектрален интервал, определен от широчината на избрания спектрален канал.

Замествайки израза (13) в уравнение (15) получаваме основното уравнение на измерване в спектрометрична система във вида:

$$(16) \quad S = R_\lambda [\tau_{u,\lambda} (\rho_{g,\lambda} + \rho_{g,adj,\lambda} w_a) \pi^{-1} \cos \varphi (\tau_{d,\lambda} + \tau'_{d,dif,\lambda} / \cos \varphi) E_{0,\lambda} + L_{atm,\lambda}] \Delta \lambda \Delta A$$

Уравнението (16) позволява извеждането на функционал, отразяващ влиянието на различните съставни на комплексния входен сигнал върху изходния сигнал на сензора:

$$(17) \quad S = f[\tau_{d,\lambda}, \tau'_{d,dif,\lambda}, \varphi, \theta, \rho_{g,\lambda}, \tau_{d,adj,\lambda}, \tau'_{d,dif,adj,\lambda}, \rho_{g,adj,\lambda}, W_a, \tau_{u,\lambda}, \tau'_{u,dif,\lambda}, L_{atm}]$$

4. Резултати и изводи:

1. Описани са уравненията на разпространение на радиацията от източника на радиация до изследвания обект и обратно до сензора и е изведено уравнението на измерване на спектрометрични системи в дистанционните изследвания.

2. Полученото уравнение на измерване позволява установяване на функционална връзка между изходния сигнал на прибора от една страна и както от параметрите на изследвания обект, така и от условията на измерване от друга.

Литература:

1. S l a t e r, Ph. Remote Sensing. Optics and Optical Systems. London, 1980.
2. S c h l a p f e r D. Differential Absorption Methodology for Imaging Spectroscopy of Atmospheric Water Vapor. Remote Sensing Series, Zurich, 1998.
3. S c h a e p m a n M. E. Calibration of a Field Spectroradiometer. Remote Sensing Series, Zurich, 1998.

DESIGNING A SPATIAL MODEL OF LAND USE IMPACT DYNAMICS CAUSED BY URANIUM MINING USING REMOTE SENSING AND GROUND-BASED METHODS

Eugenia Roumenina¹, Nikos Silleos², Georgi Jelev¹, Lachezar Filchev¹, Lubomira Krалеva¹

¹ Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: roumenina@space.bas.bg, gjelev@space.bas.bg, lachezarhf@gmail.com, lkraleva@abv.bg

² Aristotle University of Thessaloniki, Greece, School of Agriculture, Lab of Remote Sensing and GIS, G.R. 54124, Thessaloniki, Greece,
e-mail: silleos@agro.auth.gr

Key words: Geodatabase Model, Land Use Impact Assessment, Remote Sensing, Mining Industry

Abstract.: The paper is dedicated to resolving topical problems related with assessment of the land use impact caused by uranium mining and processing activities. To make such assessment, one should establish in advance land use structure, anthropogenic transformation and its change over the periods before, during and after termination of uranium mining. Aerial and satellite images are becoming increasingly popular as a basic source of such type of information. The major objective of the conducted study is to develop and appraise methodology for designing a spatial model of land use impact dynamics caused by uranium mining. It is based on integrated use of GIS and remote sensing data processing technologies, landscape planning and mapping.

The proposed methodology was appraised on the territory of the Iskra site located on the land of the Town of Novi Iskur, Metropolitan Municipality. A geodatabase was composed comprising archive panchromatic aerial photos and high-spatial-resolution satellite images for different years (from the periods before, during, and after the end of operation), large-scale topographic maps in scale M 1:5,000, data from terrain studies and measurements, photos, climatic, geologic, and soil data. As a result of the processing and interpretation of aerial photos and satellite images and ground-based data, digital models and thematic maps were created. The specific impacts, their sources and subjects were localized, as well as the peculiarities of their dynamics, intensity, and consequences. This information was used to draw inventory and analytic maps for the periods before, during, and after the end of uranium mining, as well as a map of land use impact dynamics for this area. The designed spatial model may be used by the local self-government authorities to plan and take decisions on reclamation activities of the lands disturbed by uranium mining.

Introduction

The sustainable use of municipal territories suited to ecological and social-economical characteristics is one of the priority lines of modern regional policy. One of the key problems is assessment and control of the territories with land-use impact caused by uranium mining and processing activities. To make such assessment, one should establish in advance land use structure and its change over the periods before, during and after termination of uranium mining. The results from such assessment provide to find a balance between environment and human activity, especially in the areas which have experienced strong anthropogenic transformation. Moreover, the relations between them and the occurring degradation processes are established, which provides for application of adequate reclamation initiatives and modelling of sustainably developing experimental ecosystems, as close as possible to those destroyed in the near past. To design an effective action plan, one should determine very precisely the site's state before restoration. In ecological studies, maps are used as primary and reliable models describing spatially the state of some specific natural systems' components at a given moment. The development and wide application of Geographic Information Systems (GIS) makes it possible to generate new cartographic models. Periodic monitoring of the disturbed territory may be effected by using high-spatial-resolution aerial photographs and space imagery, as well as field measurements. The recent decade witnessed the development of environmental control systems, applying GIS, RS and GPS technologies, in both the USA and the EU. These systems are aimed at establishing regional geoinformation complexes to solve various practical tasks; however, they are still rarely used by the specialists dealing with environment restoration. This contribution aims to compose a geodatabase for the Iskra site, encompassing the territory of the Kourilo uranium deposit, District of Novi Iskur, Metropolitan Municipality. The major objective of the conducted study is to develop and

The study is implemented within the framework of the scientific-research contracts: Development of Methodical Fundamentals of Landscape-Ecological Planning Using Geoinformation Technologies, NZ–No.1507/05 concluded between SRI-BAS and the Scientific Research Fund at the Ministry of Education and Science of Bulgaria. 2005-2007;

Designing a Geodatabase Model for the Purposes of Large-Scale Mapping of Land-Use Impacts Caused by Mining Industry Using Remote Sensing and Ground-Based Data. Joint Research Project No.P-16/24.04.07 between the Bulgarian Academy of Sciences and the Aristotle University of Thessaloniki, Greece. 2007-2009;

appropriate methodology for designing a spatial model of land use impact dynamics caused by uranium mining. To achieve this objective, the following basic tasks should be accomplished:

- Composing a geodatabase for the *Iskra* site with land use information before the uranium deposit's operation, after the termination of the first operation stage and after the mining's termination;
- Identification and comparative analysis of the land use impacts' spatial and time dynamics.

Methodology and Information Background of the Study

The methodology developed for the purpose of this study comprises the following work stages:

1. Collection and analysis of the required information,
2. Selection of data processing methods and monitoring years;
3. Forming a geodatabase;
4. Generating new thematic maps using the raster and vector database;
5. Conducting spatial analyses and assessment of land use impacts.

The activities related with uranium mining and processing are characterized by their complex negative impact on environmental components (soils, water, air), which is a direct consequence of mining technologies. The used uranium mining methods – classical (open or underground) or geotechnological, determine the rate of their impact on environment and land use.

The *Kourilo* uranium deposit is located on the territory of the District of Novi Iskur, Metropolitan Municipality. The ore's good uranium composition, high uranium extraction factor during the ore's processing, as well as the proximity of the deposit to the *Bouhovo* Chemical Metallurgical Plant facilitated the mine's normal production activity during the period 1955–1990. Uranium mining at the *Kourilo* deposit featured two operation periods:

1. Mining after the classical method - 1955–1963. The deposit's operation started in 1955 using the quarry method by constructing a quarry on the territory of Brezi Vruh, and later - by horizontal mining exploitations at seven hypsometric levels.
2. Mining after the geotechnological method (underground mining) - 1984-1990, by drilling oxidizing boreholes to the level of the ore body, processing the ore with sulphuric acid solution and extracting this enriched solution to the surface.

The *Kourilo* deposit's technical liquidation and biological reclamation was undertaken in accordance with Decree No.56 of 29.03.1994 on closing uranium mining in Bulgaria, and is still ongoing.

To compose the geographic database, design a model of land use impact dynamics caused by uranium mining and make subsequent analyses and assessments, the following materials were used:

- Archive aerial photographs shot in 1940 and 1982;
- High-spatial-resolution satellite images from QuickBird taken in 2007;
- Economic (topographic) maps in scale M 1:5,000;
- Data and results from ecological studies carried out during the period 2000–2002 [1, 2, 3];
- Stock material and scientific literature.

During this study, a complex of modern methods and technologies was used: GIS; remote sensing methods; temporal analysis; conventional methods for ground-based study of the state of the individual environmental components; and mathematical-statistical methods.

One of the essential elements in designing the spatial model of land use impact dynamics is the selection of classification indicators. They must be selected in such a way as to reveal adequately the nature and type of impact sources. The major characteristics used to draw the series of impact maps are shown on Table 1., and are considered in details in [4].

The selection of the years for cartographic monitoring is mainly determined by the available archive of aerial photos and satellite images for the studied territory and the two operation periods of the deposit. The smallest size of the mapped areas of the studied territory provided for by these images is equal to 1 ha. The chosen baseline year is 1940. This is the year of the first taken aerial photos of the territory when the geologic prospecting and operation activities related with uranium mining had not begun yet. To determine the rate of land use impacts resulting from the deposit's operation, the year 1982 was chosen. At this time, the deposit's operation after the quarry manner had been terminated, partial reclamation had been carried out, and activities related with the preparation of the second operation stage – uranium mining after the geotechnological manner, were underway. To determine the current state of the territory after the termination of uranium extraction when technical liquidation and biological reclamation of the deposit was underway, the year 2007 was chosen.

A geodatabase for the territory of the *Iskra* site was composed using ArcGIS software, which contains spatial and attributive data for the conducted monitoring. The geodatabase is structured in two modules: information module comprising raster and vector submodule, and analytical module. Using the information and analytical module, the following types of maps for the territory of the *Iskra* site were created: land use maps for the years 1940, 1982, and 2007; analytical map of land use impact rate for the years 1940, 1982, and 2007; analytical map of land use impact rate caused by uranium mining and transport for the year 2007; and map of land use rate dynamics for the year 2007 compared to 1940 (Fig. Fig. 1., 2., 3., 4., 5.).

Table 1. Classification Indicators and Their Characteristics

CLASSIFICATION INDICATORS	CHARACTERISTIC
Source of impact	industry, transport, minerals mining, tourism, other human activities etc.
Land use categories as impact subject	forests, natural meadows, pastures, perennial plants, fields, water bodies, streams, hydro-melioration equipment, transport and infrastructure territories, residential and industrial built-up lands, disturbed lands
Occurrence of impact	initial date of source working
Manifestation of impact	illegal forests clearance, wildfire, pollution etc.
Development duration of impact	long time period, short time period
Development stages	initial, active, attenuating
Development trends	ascending, descending
Degree of impact	low, middle, forced
Border character	distinctive, indeterminate
Shape of the layout contours	areal, linear
Impact groups	result from legal and illegal activity
Undertaken measures to resolve impact	yes, no

Spatial Analysis and Assessment of Land Use Impact

To establish the rate of land use impact available before starting uranium mining on the studied territory, analytical map for the year 1940 was created. Because of the nature of impact sources, the degree of disturbance and anthropogenic transformation is different and is based on qualitative-quantitative expert ratings. Typical impact sources during this time were agriculture, stock-breeding, and logging. The most common negative consequences of unregulated human activities were forest fires, which resulted in nearly total degradation of forest vegetation occupying 31.77% of the territory and its replacement by deciduous forest-bush, bush, and grass vegetation. During this period, the natural paragenetic landscape self-restoration circuits were suppressed by constantly acting factors, such as unregulated cuttings for household needs, charcoal production etc., as well as by grazing and haymowing. It is well known that grazing results in a number of negative changes in the type composition of grass and forest vegetation. Goat-breeding which was practiced during this period was a significant factor acting continuously on the whole studied territory, which destroyed forest outgrowth, reducing forest self-restoration processes, accordingly. The areas occupied by meadows and pastures amounted to 42.63%. Problems of this sort are not a rare event in our times, too. An example of indirect changes caused by direct human intervention is landscape degradation resulting in the formation of incomplete Natural Territorial Complexes (NTCs), such as badlands and bare rocks – 3.25%. As a result of activated erosion and denudation processes, strongly eroded soils now occupy 22% of the studied territory.

To establish the rate of impacts caused by uranium mining at the *Iskra* site, analytical map for the year 1982 was created. In the beginning of the 80-ies of the 20th century, uranium mining after the classical method was terminated and preparation of the terrain was undertaken for uranium mining after the geotechnological method. During the quarry (open) uranium mining, mineral masses with increased content of radioactive elements were brought to the site's surface, the local landscape was changed, the ecological equilibrium was disturbed and prerequisites were established for pollution and erosion of the pertaining territories. New types of land use were introduced, related with bringing to the surface of great amount of rock materials, which occupy large territories, as well as with the direct disturbance of soil cover integrity on small areas located near to the shafts' openings. These materials are an improper substrate for growing cultivated plants and present a threat for the uranium ore residues contained in them. The major facilities constructed during this period were the spoil heaps, the shafts and the drainage systems, as well as the tailings pond and the premises of the *Redki Metali (Rare Metals)* State Economic Group. Technological roads and shaft waste water channels were also laid.

A positive initiative was the planting of the southern macroslopes of Sofia Mala Planina with black (*Pinus nigra*) and white (*Pinus silvestris*) pine which, though not growing in their natural optimal ecological environment, create preconditions for accumulation of humus and natural self-restoration of the forest.

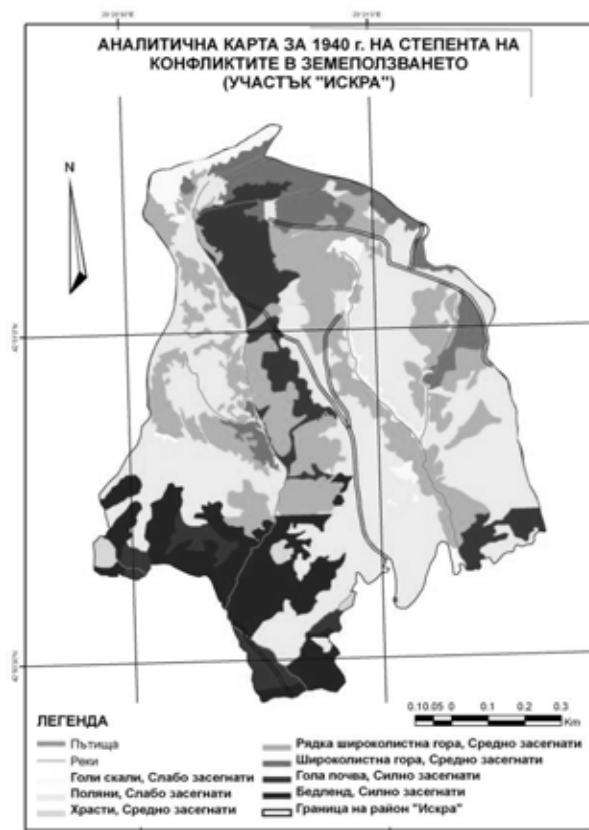


Fig. 1. Analytical map of the rate of land use impact at the Iskra site for the year 1940

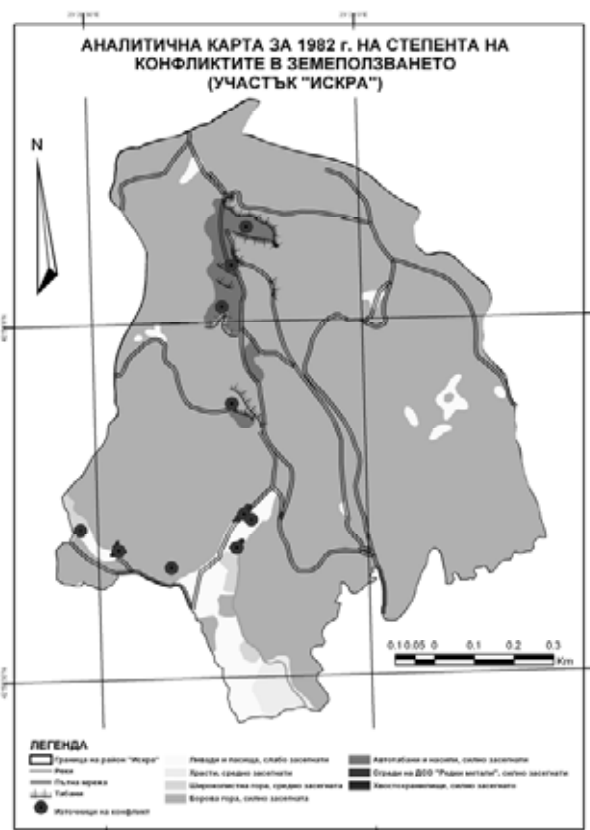


Fig. 2. Analytical map of the rate of land use impact at the Iskra site for the year 1982

To establish the current state of the territory, analytical map of land use impact rate for the year 2007 was

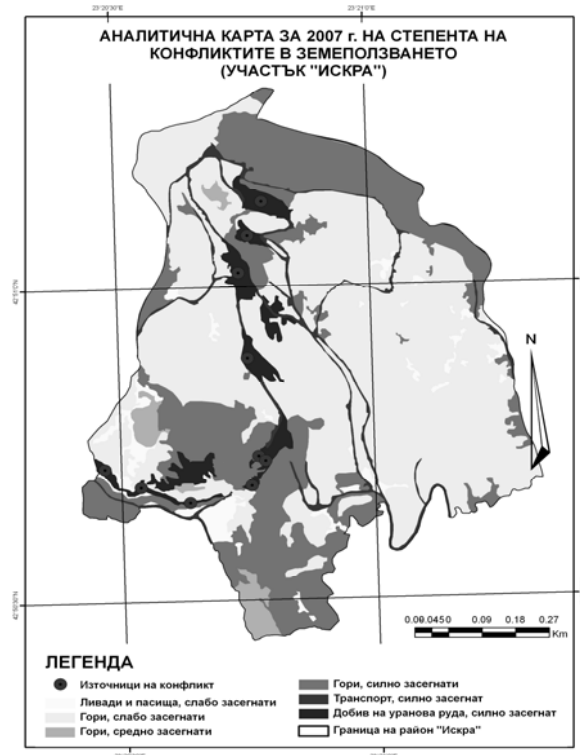


Fig. 3. Analytical map of the rate of land use impact at the Iskra site for the year 2007

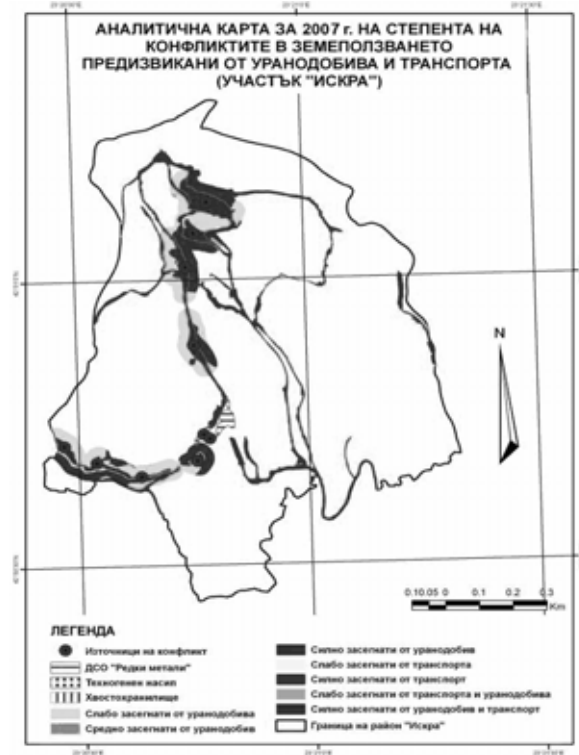


Fig. 4. Analytical map of the rate of land use impact at the Iskra site caused by uranium mining and transport for the year 2007

created. The analysis of the map reveals small-size land use changes compared to 1982, but for the terrains subject to reclamation by planting coniferous vegetation and demolition of the *Redki Metali* SEG's premises which make an exception. The geotechnical uranium mining method has resulted in mechanical disturbance of the soil, caused by drilling and explosion activities, the construction of the sorption plant, the laying of the drilling pipelines and the other technological equipment.

In the middle course of the Teyna River, the outflow has been changed by two barring dykes and the site's tailings pond, where three reservoirs have been formed. The deposit's area and the built-up production solution drainage system have experienced material change. The volumes of the three reservoirs: „pure” lake, „acid” lake and collector amount accordingly to 7,500; 1,500; and 2,000 m³, their waters featuring strong seasonal changes, drying including.

Notwithstanding the undertaken measures, the problem with surface-flowing and underground waters caused by the tailings pond remains unresolved. The forest coniferous vegetation near the uranium deposits is strongly affected by the chemical element associations constantly penetrating soil, water and air, as well as by the emanations of radioactive decay. In the recent years, forests have been subject to increasing unregulated cutting for household needs. The „phenomenon” of extensive stock-breeding has appeared again, especially in the vicinity of quarry operations.

To clarify the region's current state, analytic map of land use impact rate caused by uranium mining and transport for the year of 2007 was created, using materials from the terrain studies and measurements performed by [1, 2, 3].

On the map shown in Fig. 4., the territories directly affected by uranium mining and transport are outlined. The rating method uses 3-stage scale for the disturbance rate of impact sources and the pertaining territories. The main subject of anthropogenic impact in uranium mining is soil cover. Its integrity is disturbed (in some cases, the soil horizon is completely destroyed), and during chemical extraction of uranium, the soil profile is subject to the influence of mining solutions: sulphur-acid or sodium-alkaline ones. Geotechnological uranium mining on the territory of *Kourilo* has activated the processes of generating acid drainage waters. These waters are characterized by low pH and high concentrations of heavy metals, uranium, iron, and manganese, which exceed manifold the adopted Maximal Allowed Concentrations. The ecological studies carried during the period 2000–2002 [1, 2, 3] reveal that the main soil pollution source on the territory are drainage waters originating from the *Brezi Vruh* quarry and the site's spoil heaps. It has been established that the soils most polluted by geotechnological uranium mining are those located 0–3 m off the Teyna River. As a result of this, actually, these soils feature no vegetation cenosis. This results in drastic reduction of the supplied biomass for decomposition which, in its turn, leads to twofold reduction of the humus content in each horizon of the soil profile.

The conducted comparative analysis of land use impacts' spatial and time dynamics at the *Iskra* site for the year 2007 compared to 1940 reveals the following changes (Table 2).

- The weak-affected territories which were found to be unchanged by the conducted monitoring constitute 32.5% of the territory. These are mostly areas occupied by forests, meadows and pastures located in the eastern and western part of the territory.
- There are no medium-affected territories in 1940 which have remained unchanged until 2007.
- The strong-affected territories which were found to be unchanged by the conducted monitoring constitute 11.86% of the territory. These are mostly strongly eroded areas located in the eastern and western part of the territory.

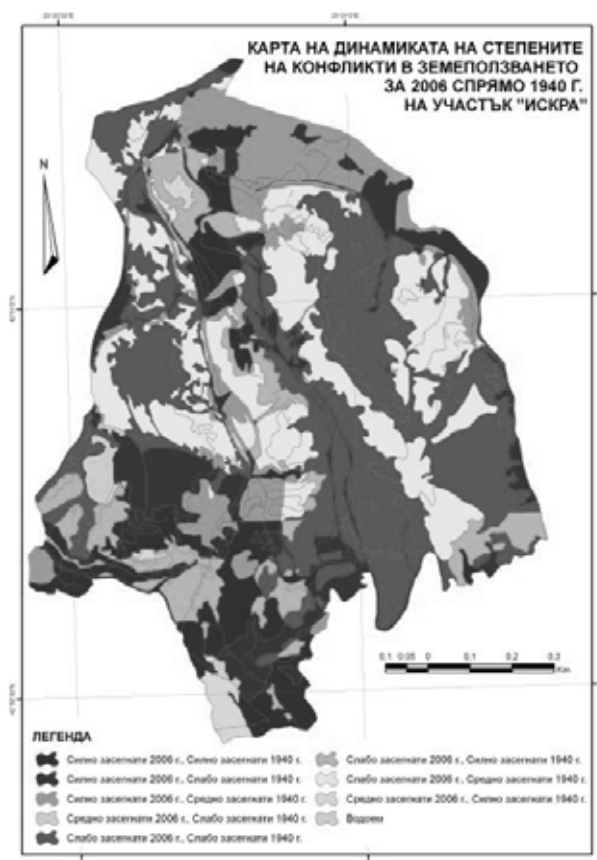


Fig. 5. Map of land use impact dynamics of the *Iskra* site for the year of 2007 compared to 1940

➤ Strong-affected territories with unchanged impact rate but a different impact source, which in 1940 were steep deforested slopes, and in 2007 were territories occupied by uranium mining quarry, technogenic embankments and bare soil formed as a result of uranium mining. The impact source has switched over from forest cutting to uranium mining.

➤ The weak-affected areas have increased by 29.68%, 9.12% of the strong-affected areas have been transformed into weak-affected ones as a result of the carried out reclamation and afforestation initiatives. Weak-medium – 20.56%. Scarce forest (1940) – thick forest (2007).

Table 2. Matrix of land use impact rate dynamics of the *Iskra* site for the year 2007 compared to 1940 (in %)

AREA (%)		1940				Temp	
		Strong-affected	Medium-affected	Weak-affected	Σ		
2007	Strong-affected	11.86%	11.16%	12.67%	35.69%	13.34%	↑
	Medium-affected	1.37%	-	0.83%	2.20%	29.52%	↓
	Weak-affected	9.12%	20.56%	32.45%	62.13%	16.18%	↑
	Σ	22.35%	31.72%	45.95%	100.0%		

Conclusions

The conducted monitoring of the *Iskra* site revealed that there are no areas that have remained unaffected by human activity. The mining activities carried out at the *Iskra* site have changed the landscape, destroying soil cover at some places. The ecological equilibrium is considerably disturbed, resulting in social-economic losses. There are significant changes in land use impact rate, whereas the weak-affected territories have increased by nearly 16%, while the medium-affected have decreased by about 30% as a result of the carried out reclamation and relieved anthropogenic loading of the territory. Against the background of this restoration, enhanced technogenic loading and increase of the strong-affected areas by 13% is observed as a result of uranium mining and forest cutting in the reclaimed territories.

The composed geodatabase for the *Iskra* site containing spatial and attributive data from the performed monitoring is to be supplied with new aerial, satellite, and ground-based data. Alongside with supplying the geodatabase with such information, real and accurate assessment of the conducted reclamation initiatives' efficiency will be made to enable taking proper decisions and improving reclamation strategy.

References

1. Banov M., B. Hristov. Comparative Study of Lands Disturbed by Uranium Mining and Methods for their Restoration and Use. Problems of Geography. No.1-2. Publ.House of the BAS. 1997. pp. 49-59. (in Bulgarian)
2. Banov M., B. Hristov. Studying and Reclamation of Lands in the *Bouhovo* Region, which Have Been Disturbed by Uranium Mining. Problems of Geography. No.1. Publ.House of the BAS. 1996. pp. 78-85. (in Bulgarian)
3. Georgiev Pl., S. Groudev. Characteristic of Polluted Soils in the Region of Uranium Deposit. Annual of the *St. Ivan Rilski* University of Mining and Geology, vol.46 (2003), roll II, Mining and Processing of Mineral Raw Materials. pp. 243-248. (in Bulgarian)
4. Roumenina, E., L. Filchev, V. Naydenova, G. Kanev. 2007. A Model for Geodatabase Organization for Purposes of Large-Scale Mapping of Land-Use Conflicts. 4th International Conference Recent Problems in Geodesy and Related Fields with International Importance. Inter Expo Centre, Sofia, Bulgaria. pp. 180-189.

ESTIMATION OF FEASIBILITY OF SEA SURFACE TEMPERATURE SATELLITE DATA USE THROUGH COMPARISON AGAINST *IN SITU* MEASUREMENTS FOR THE WESTERN BLACK SEA REGION

Violeta Slabakova, Nadezhda Valcheva

Institute of Oceanology – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: v.slabakova@io-bas.bg; valcheva@io-bas.bg

Keywords: Black Sea, MODIS ocean data, *in situ* data, Sea surface temperature (SST)

Abstract: Sea surface temperature (SST) is an important indicator of the earth climate system state. Therefore, an accurate assessment of SST variability is essential for tracking and prediction of the climate change. In this paper monthly match-up data sets are produced using the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) SSTs and *in situ* sea water temperature measured in the Western part of the Black Sea during June cruises of the Institute of Oceanology at the Bulgarian Academy of Sciences for the period of four years 2003-2006.

The analysis is based on computation of the root mean square deviation (RMSD) between satellite-derived and *in situ* SST data. Monthly and diurnal variations of the difference are estimated. Calculated deviation of SST differences between the infrared satellite data and *in-situ* data is within reasonable ranges (0.05 - 0.8°C). The results prove feasibility of satellite data use for oceanographic and climate researches in particular in region of sparse *in situ* data such as the Black Sea.

1. Introduction

Sea surface temperature (SST) is one of the important geophysical parameters, providing the boundary conditions used in the estimation of heat flux at the air-sea interface. In order to monitor climate properly, it is necessary to obtain accurate SST data over the global oceans (Reynolds *et al.*, 1987). On the global scale this is important for climate modeling, study of the earth's heat balance, and gives an insight into atmospheric and oceanic circulation patterns. On a more local scale, SST, can be use operationally to assess eddies, fronts and upwellings for marine navigation and to track biological productivity. In the past, SST could only be measured by ships and buoys, whose ranges were limited. This disadvantage was compensated with development on the satellite apparatuses for remote sensing observations on the sea surface. The satellite remote sensing methods provide frequently observation on the swath with height space and temporal resolution and accuracy of the measurements corresponding exactly to present oceanographic needs. One of the methods for determining SST from satellite remote sensing is the thermal infrared radiometry. Thermal infrared instruments that have been used for deriving sea surface temperature include Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) on NOAA Polar-orbiting Operational Environmental Satellites, Along-Track Scanning Radiometer aboard on ERS-2 and Moderate resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) aboard NASA Earth Observing System satellites.

The objective of this study is to estimate precision of MODIS SST, which is indispensable for oceanographic and climate researches in particular in region of sparse *in situ* data such as the Black Sea. Match-up data sets are produced using the MODIS SSTs and *in situ* sea water temperature measured in the Western part of the Black Sea during June cruises of the Institute of oceanology - BAS for the period of four years (2003-2006).

2. Data and methods

In situ data

The *in situ* SST data are derived through the CTD casts performed in June during four successive years 2003-2006. They consist of one-meter-depth SST that are collected during the RV "Akademik" cruises in the Western part of the Black Sea. The spatial distribution of observations conforms to the monitoring scheme of the Institute of Oceanology (Palazov *et al.*, 2006), except for the most recent cruise, performed in cooperation with the Joint Research Centre of the EC in 2006, during which a number of stations located in the Romanian territorial waters were implemented. Time duration and number of stations covered during the considered cruises are given in Table 1.

The raw data are processed with *SBE Data Processing* tool and are further submitted to standard quality control procedures. The analysis is based only on the high quality data.

Table 1. Details of the in-situ one-meter-depth SST measurements during the RV "Akademik" cruises

Cruise name	Duration	Number of stations
AK062003	07.06 – 11.06.2003	37
AK062004	31.05 – 04.06.2004	48
AK062005	07.06 – 11.06.2005	39
AK062006	01.06 – 17 .06.2006	80

Wind and air temperature data cited in this study are obtained from Weather Underground (www.wunderground.com) for Varna, Bourgas and Kaliakra stations.

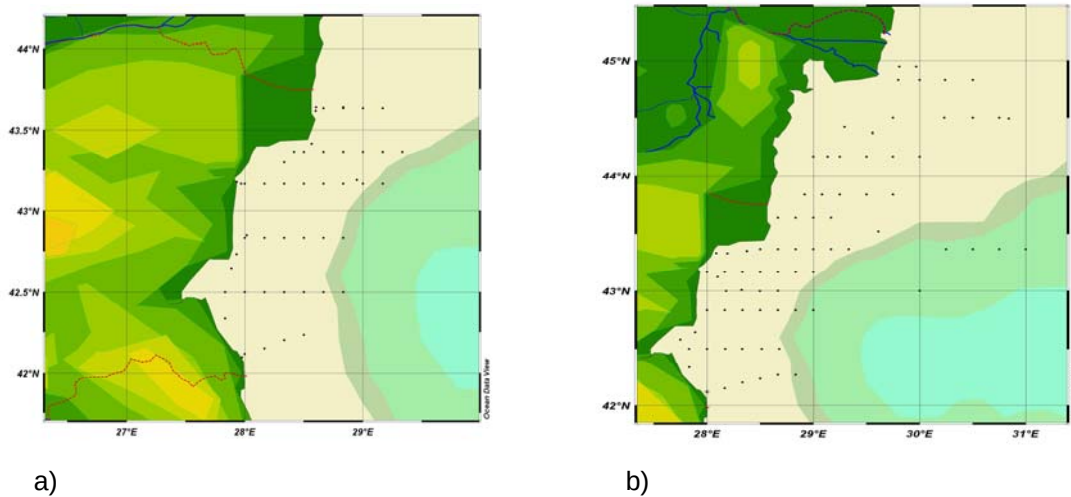


Fig. 1. Deployment of stations: a) Cruises in 2003-2005; b) Cruise in June 2006

Satellite (MODIS) data

MODIS is designed to sense five different wavelengths, which are selected according to thermal (infrared) part of the spectrum with lowest atmospheric absorption of sea surface emission (atmospheric windows), for more accurate measurements of SST fields.

For the purpose in the present study daily MODIS –TERRA STT measurements are used, which are obtained from two far infrared channels at 11 - 12 μm . The data are derived from Ocean Color Web archive (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>). The SST products have Level 2 with 1km spatial resolution. They are processed and distributed by NASA Goddard Space Flight Center's Ocean Data Processing Systems (ODPS) in Hierarchical Data Format (HDF). Each SST Level 2 product contains additional file for pixel quality which vary between 0 (best quality) to 3 (bad quality). Further, satellite data are processed with relevant algorithms and GIS applications using information about pixel geolocation.

Comparison between *in situ* and MODIS data

The method used consists in comparison of *in situ* one-meter depth SST from discrete water samples with those derived from daily MODIS images for each day of the corresponding survey location during four June expeditions. In the analysis are considered only pixels with quality level 0 (QL 0) and all other quality levels related to sun reflection, closely cloud and problems with atmospheric correction are discarded.

Several different methods for the satellite and *in situ* data error have been reported. Here absolute root mean square error (RMSE) and biases are estimated to give measure for the difference between the two different data sets .These estimates are defined as follows:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i)^2} \quad (1)$$

$$bias = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right) \quad (2)$$

$$x_i = |S_i - I_i| \quad (3)$$

where S stands for MODIS data, I for *in situ* data, and n is number of matching pairs.

3. Results and Discussion

In order to investigate the differences between MODIS and one-meter-depth SSTs it should be taken into consideration that the satellite infrared sensor measures the infrared radiation emitted from the surface skin of the ocean. The skin between the sea surface and the lower turbulent 1m layer has a thickness of several millimeters and depends on many atmospheric and hydrological factors such as solar radiation, wind speed and salinity. Majority of days in warm (or cold) season are typified by strong sunshine (or radiative cooling) and low wind speed (less than 22km/h). This is in favour of large vertical temperature gradient within 0–1 m depth of the sea surface layer and can cause large positive (negative) differences between satellite and *in situ* SSTs.

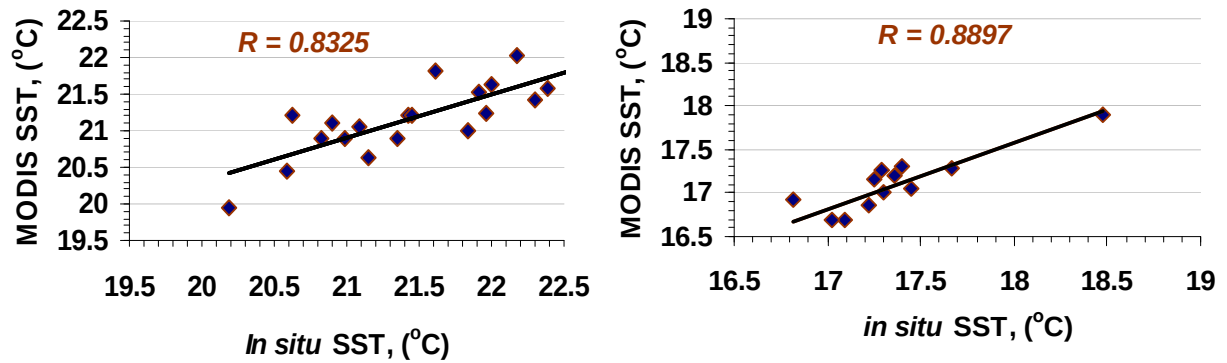
Table 2. Statistical estimates of differences between MODIS and *in situ* SSTs

Cruise ID number	Number of matching pairs	RMS Deviation	Correlation coefficient, R	Bias	Min Difference	Max Difference
AK062003	22	0.30	0.83	0.41	0.046	0.890
AK062004	13	0.18	0.89	0.28	0.037	0.579
AK062005	22	0.21	0.94	0.37	0.038	0.825
AK062006	27	0.26	0.90	0.45	0.012	0.789

The June match-up data sets is created firstly because of the high quality of MODIS images for the late spring period as it is characterized with clear and cloud free sky. Clouds, atmospheric fog and water vapour cause interfere strongly the visible and infrared wavelength. Second reason is this is assumed as transitional period with not very intensive and continuous sunshine and moderate air temperature. These specific features specify less temperature differences between skin and one-meter-depth layers.

Table 2 and Fig. 2 show the results from comparison between *in situ* temperature based on discrete sample measurements (location shown in Fig. 1a, b) and daytime MODIS SST derived from far infrared channels for each day of the cruise surveys.

Estimates of likelihood between two types the observation periods are estimated as follows: RMS in range 0.18 - 0.30°C, biases 0.28 - 0.45°C and correlation coefficient 0.83 - 0.94. Absolute minimum and maximum difference between measurements vary from 0.012°C to 0.890°C. According to calculated statistical parameters two cases could be clearly distinguished. The first one is related to higher values of RMS and biases and corresponding lower correlation coefficient (June 2003, June 2006) while for the second one characteristics are the opposite (June 2004, June 2005).



a)

b)

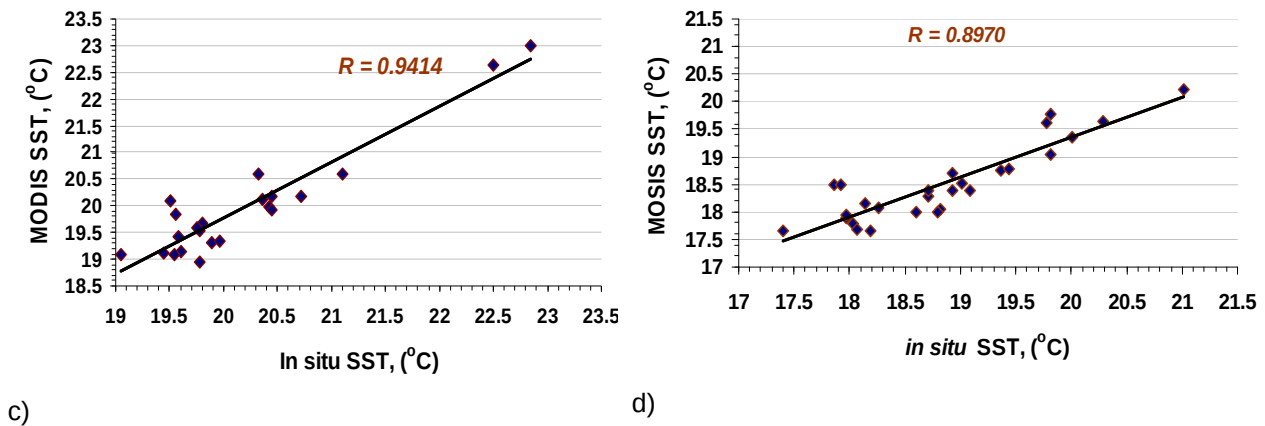


Fig. 2. Scatter plots of all SST matching pairs obtained by in situ sampling and MODIS for the June cruises in 2003 (a), 2004(b), 2005 (c) and 2006 (d)

Statistical parameters for the cruise performed during 07.06. – 11.06.2003 are $RMS = 0.3^{\circ}C$, $bias = 0.41^{\circ}C$ and $R = 0.83$. This is the period with maximum absolute difference between two comparison temperatures. Only 22 ground stations with contact measurements out of 37 in total correspond to pixels with quality 0 from MODIS images. Analyzed periods are characterized with open sky, sunny weather and high atmospheric temperature amplitude – maximum $27 - 30^{\circ}C$ and minimum $11 - 17^{\circ}C$ (Fig. 3a). Mean wind speed is up to $3 - 6$ km/h (Fig. 3b). The day with maximum difference for entire observation period is 09 June 2003. It is distinguished with low mean wind speed (3m/h), which corresponds to still weather; sky is clear with intense solar radiation. Air temperature rises sharply from $12^{\circ}C$ at earlier hours of the day to $27^{\circ}C$ during noon and afternoon (Fig. 4a). *In situ* measurements are carried out at 3 p.m. when solar heating causes the surface temperature to increase. Described conditions favourite appearance of a diurnal thermocline with strong gradient of temperature, which contributes to larger temperature deviations and smaller coefficient of correlation for June 2003.

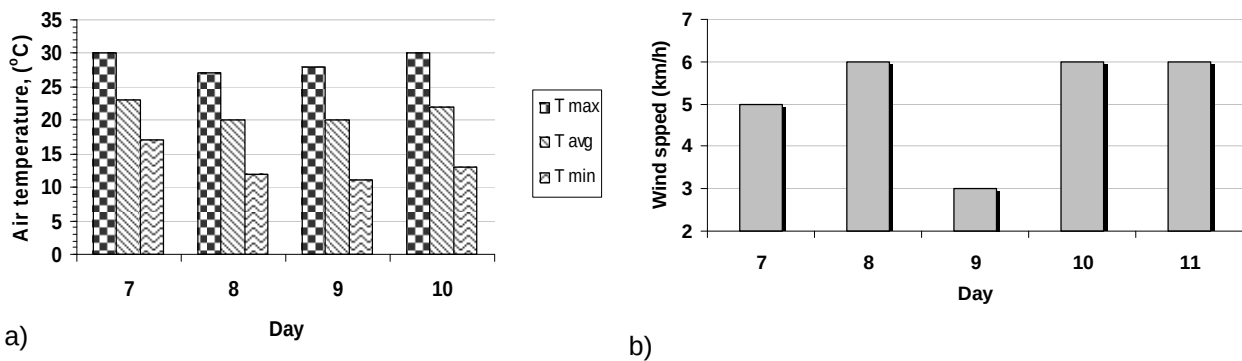


Fig.3. Weather conditions for the period 7-11 June 2003: a) air temperature; b) average wind speed

The observed atmospheric conditions are similar for June 2006. Calculated statistical parameters are $RMS = 0.26^{\circ}C$, $bias = 0.450^{\circ}C$ and $R = 0.89$. Mean wind speed is 5 km/h, except for 9 – 10 June 2006, when the reported wind value was 16 km/h. Air temperature vary in wide range from $8 - 13^{\circ}C$ to $20 - 28^{\circ}C$; at that, 10 June 2006 is described as day with absolute minimum temperature difference between the two measurement types. Wind speed and air temperature for 9 – 10 June 2006 are shown in Fig. 4a-b. Due to the significant mixing of surface and near surface layers the effect of diurnal thermocline is weakened and most of the solar heat is absorbed well down throughout the 1m layer. This is the reason for smaller temperature differences.

For June 2004 estimated RMS is 0.18 and bias is $0.28^{\circ}C$, while for June 2005 these values are $0.21^{\circ}C$ and $0.37^{\circ}C$, respectively. Correlation coefficients are 0.89 and 0.94 (Table 1, Fig. 2). During this time air temperature amplitudes are slight, as mean values barely reach $15 - 18^{\circ}C$ in contrast to the above discussed periods (Fig.5 a, d).

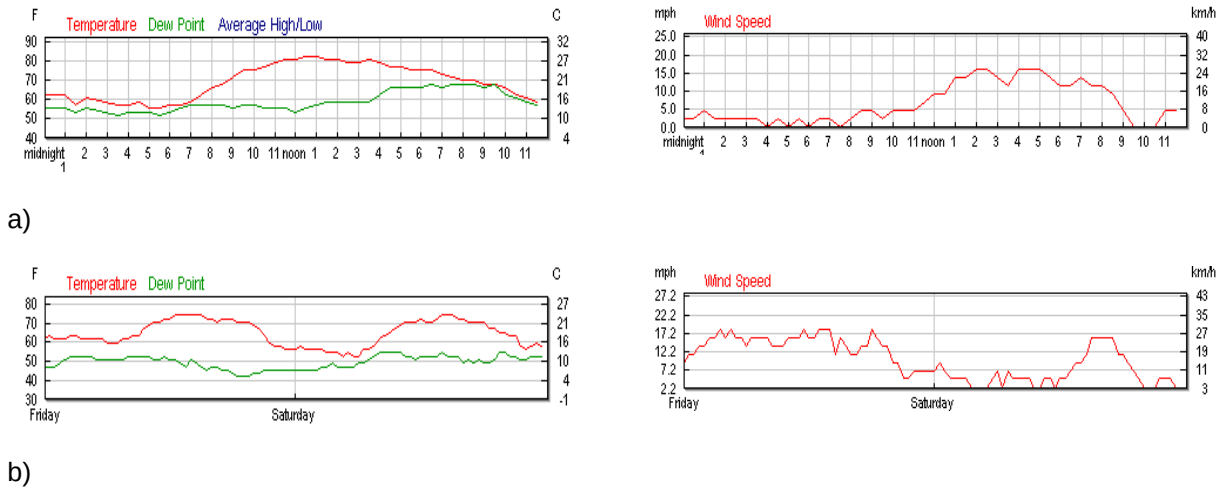


Fig. 4. Air temperature and wind speed for 09.06.2003 (a) and for 9 -10.06.2006 (b)

Average wind speed is also higher then in June 2003 and June 2006. The weather is changeable and is described with cloudy sky, rainfalls and weak sunshine. These atmospheric conditions are the reason for absence of diurnal thermocline and better correlation between *in situ* and MODIS SSTs.

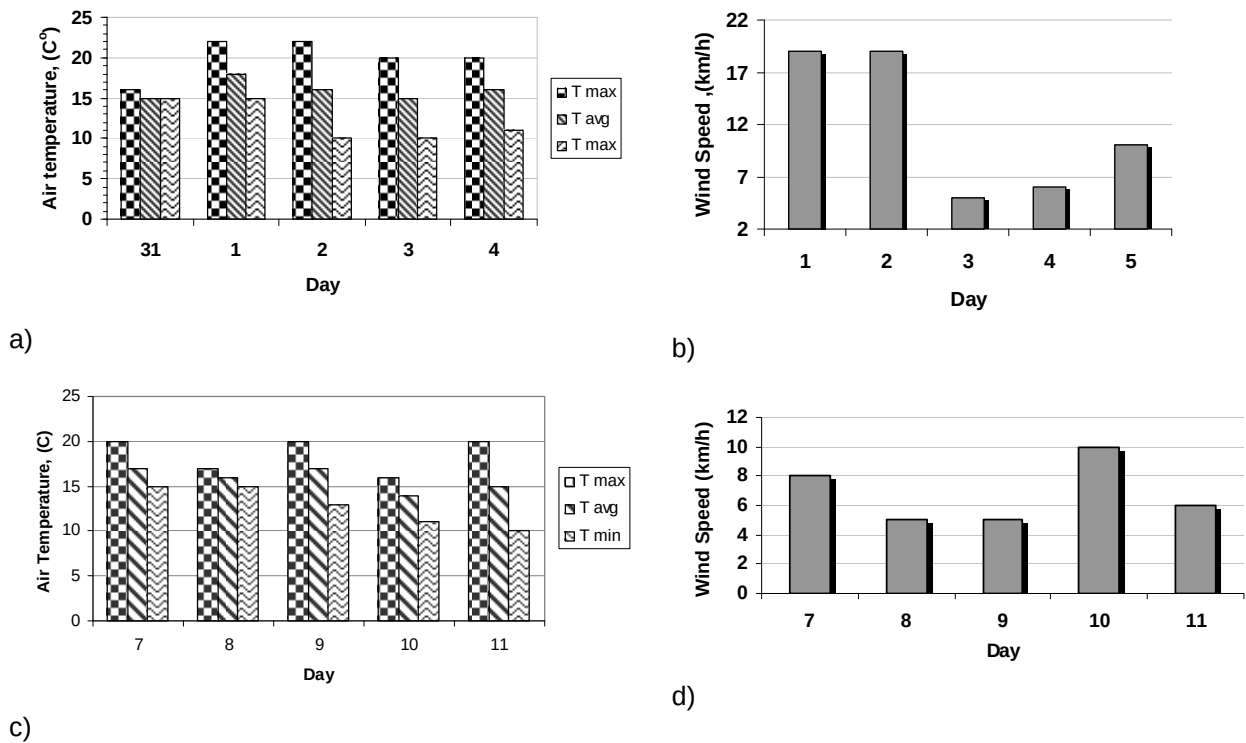


Fig. 5. Air temperature and average wind speed for the cruises 31.05 – 4.06.2004 (a, b) and 07.0 – 11.06.2005 (c, d)

It must be taken into account that MODIS represents instant values for the data, while the contact measurements are carried out at different hours throughout the day. Therefore, estimated differences could be associated also with this discrepancy. However, sea surface temperature is not quite dynamic characteristic and described effect may not lead to significant divergence between the two temperatures in comparison. Additional investigations are needed to substantiate this assumption.

4. Conclusion

A validation study between observed *in situ* measurement of the one-meter-depth and MODIS daytime 11 μ m SSTs have been carried out for the Western part of the Black Sea. It was found strong correlation dependence ($R = 0.95$) between the two types of data for the all observation periods. The RMS deviations and biases for separate cruise observations was found to vary in following ranges: $0.3 \div 0.18^\circ\text{C}$ for RMS and $0.28 \div 0.45^\circ\text{C}$ for bias, which are in good agreement whit those reported by EOS Data Product Handbook with absolute accuracy of 0.2 K .

The present study enhances the quality performance of the SST retrieval algorithm for MODIS far infrared channels. In view of sparse temporal and spatial coverage of *in situ* sea temperature measurements over the Black Sea, here the use of the MODIS satellite data is validated for different purposes such as better weather and sea state forecast.

Acknowledgement

We extend our special thanks to the Institute of Oceanology - Bulgarian Academy of Sciences, Joint Research Centre of the EC and NASA – Ocean Color Group.

References:

1. Reynolds R.W., L. Roberts, 1987. A global sea surface temperature climatology from in-situ satellite and ice data, *Trop.Ocean-Atmos. Newslett.*, 37, 15-17.
2. Palazov A., H. Slabakov, H. Stanchev, 2006. Monitoring programme of Western Black Sea, Proc. of Workshop on "*Black Sea Ecosystem in Support of Marine Conventions and Environmental Policies*", EUR 22176, European Communities, 40-46.
3. Robinson I., 2004. Infrared (IR) measurements of sea surface temperature (SST), In: *Measuring the ocean from space*, Chapter 7, *Springer*, 243 – 314.
4. Aloke M., M. Subrahmanyam, B. Ghil, K. Reddy, V. Agarwal, 2005. In-situ validations of sea surface temperature derived from satellite microwave and infrared sensors: a case study of TRMM/TMI and TERRA/MODIS, *General Assembly of International Union Radio Sciences (URSI)*.
5. EOS Data Products Handbook, 2000, NASA Goddard Space Flight Center Greenbelt, Maryland, Vol. 2.

TRACING THE DEVELOPMENT OF CLOUDS FROM GROUND-BASED VISIBLE IMAGES

Kalinka Bakalova¹, Dimitar Bakalov²

¹ Solar-Terrestrial Influences Laboratory - Bulgarian Academy of Sciences,

² Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: kbakalov@stil.bas.bg, dbakalov@innr.bas.bg

Key Words: Remote Sensing, Visible Images, Cloud Optics, Cloud Climatology

Abstract. The subject of the present paper is detecting the variance of cloud optical thickness and visual assessment of the cloud spatial variability observed from earth surface during different meteorological conditions. The radiance of the cloud base, which is a measure for the cloud optical thickness, is read from ground-based visible images. The presence of very thin aerosol parcels surrounding the examined cloud in the scenes is an obstacle to determine the proper radiance of the cloud base because of the great amount of single scattered sunlight that is difficult to account for. Nevertheless, the interpretation of data from images of thicker clouds show that even time difference of several minutes between measurements may be indicative of the short time evolution of such type of clouds. The ground-based observations of clouds in appropriate time intervals may be used for short-term prediction of the weather.

Introduction

Observations of clouds and retrieving their characteristics are of great significance for many scientific and applicative tasks. Clouds influence enormously the radiative budget and the climate of the Earth. They affect the data collected by remote sensing of the earth surface. The short-wave (or visible) flux is more sensitive than the IR (or long wave) flux to variability in the water content and base and top heights of observed clouds [1].

The main parameter that is related to the cloud-radiation interaction is the optical thickness. The brightness of clouds observable from the earth surface decreases exponentially with their optical thickness, which is related to the water content of the clouds. The advantage of ground-based observations of clouds compared to satellite ones is in the great spatial and temporal resolution of the obtained data about changeability of the lowermost cloud layer. The subject of the present paper is detecting the variance of cloud optical thickness and visual assessment of the cloud spatial variability from images taken in appropriate time intervals during different meteorological conditions. The possibility of tracing the development of clouds using the variability of cloud brightness observed from earth surface is discussed.

The steady increasing of the cloud optical thickness is usually due to the processes of growth of the size and concentration of cloud droplets and could result in rainfall. It turns out that even time interval of several minutes between measurements may sometimes be indicative of the evolution of given type of clouds. Depending on the weather conditions, the decreasing of the cloud optical thickness may be related to the approaching dissipation of the thinner clouds or may be due to the growth of the water droplet size in dense clouds accompanied with the temporary decreasing of their concentration before beginning to rain [2]. The results show that after taking into account some considerations about the influence of cloud scattering, the variability of the area mean cloud optical thickness is representative of the cloud evolution because the observable changes are in agreement with the follow-up weather.

Data processing and interpretation

The main problem in ground-based observations is the need to take into account the effects of scattering and extinction of radiation by the atmosphere. The solar radiation scattered by the lower atmosphere and by the cloud is additive to the measured brightness of the cloud base. As far as the analyses presented here refer to series of images taken at practically constant atmospheric conditions (especially concerning the horizontal visibility), the influence of the atmosphere on the brightness of the cloud base is ignored. However, it is necessary to assure that the illumination from the sun and by the surrounding clouds must be alike for the series of images under consideration.

For calculating the brightness data, a weighted mean value is formed from the channels red, green and blue. The values of the brightness codes in the image are read by means of a software product specially

created for the purpose. The camera specific settings such as shutter-speed time, aperture value and focus length are taken into account for converting of the digital image codes into values of brightness. As a consequence, dense clouds in an image may look brighter than thinner clouds in the next picture.

The following images in Figs. 1 to 4 were taken on 30.08.2006. The pressure $P = 942.5$ hPa is less than the normal for the month - a cyclone is oncoming. The first two pictures in Figs. 1 and 2 show the appearance of noon skies at about 12:30 p.m. in time interval of 130 seconds between the two frames. The clouds are scattered and the weather is still sunny. We would like to mention that the thinner clouds aloft give single scattered forward solar radiation, i.e. additional "noise" brightness to the measurement that is difficult to account for. The passing brightness of the upper part of these images increases. However, it could be noted that cloud bases raise up, and as result, the cooling of the clouds makes them stack in larger and thicker formations. The brightness of the cloud base at the lower part of images, as well as the mean area brightness decrease to over 3%. Current weather conditions set as a premise to become cloudy. The images of clouds in Figs. 3 and 4 are taken at 4:30 p.m. Actually, four hours later the brightness of clouds has diminished to 77.5%. Then the faster decrease (22.5% in time interval of 136 seconds) of the mean area brightness of clouds in Fig. 4 compared to that of Fig. 3 is related to the beginning of a drizzling rain.

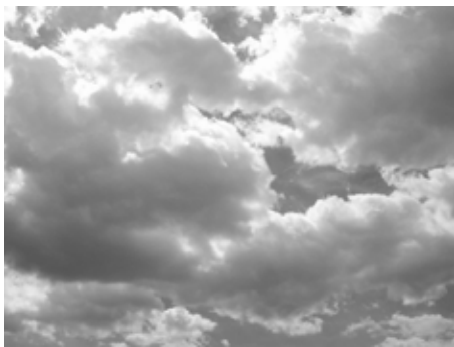


Fig. 1 – 30/08/06



Fig. 2 – 30/08/06

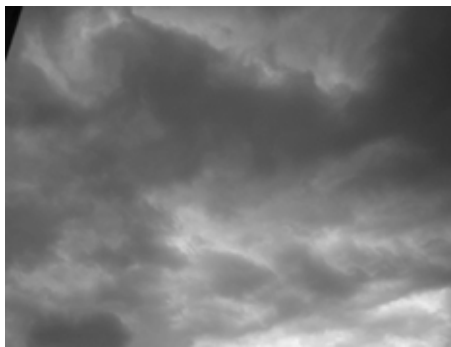


Fig. 3 – 30/08/06

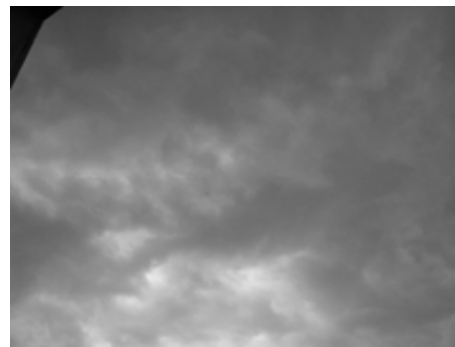


Fig. 4 – 30/08/06

Another illustration of cloud evolution manifested in consecutive visible images taken before a rainfall is presented in Figs. 5–8. On 19.01.2007 Bulgaria fell into the periphery of the cyclone Cyril that caused havoc to Western Europe. The pictures of clouds in Figs. 5, 6 are taken during fast lowering of the atmospheric pressure with 12 hPa in half an hour. All parts of the cloud, as well as the mean area brightness decreased by 5.8 % in time interval of only 73 seconds. The pictures of clouds in Figs. 7, 8 are taken 3 hours later showing the same region of the sky. The scattered clouds turned into thicker formations aloft. The skies are already mostly cloudy and much faster got darker – the linear average of the varying brightness decreased by 49 % in 220 seconds. About two hours later it began to rain.



Fig. 5 – 19/01/07



Fig. 6 – 19/01/07



Fig.7 – 19/01/07



Fig. 8 – 19/01/07

Let us now trace the development of clouds in different weather conditions that went before a long period of clear cloudless skies. Images in Figs. 9–12 are taken on 01.09.2006 and are the outgrowth of the clouds formed during the cyclone of 30.08.2006 (shown in Figs. 1–4). The pressure is higher than the mean value for the season - 956,5 hPa. The first two pictures look at West from where wind of velocity 25 km/h is blowing. The trend of the clouds to become thinner is registered in less then 2 minutes. The following two pictures look at East showing the transform of the clouds that are changing sides in the sky. Clearly it can be seen that the clouds break apart becoming thinner and brighter.

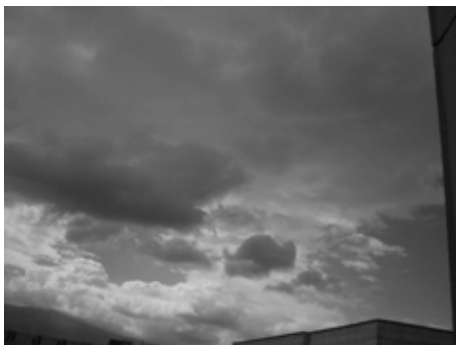


Fig. 9 – 01/09/06

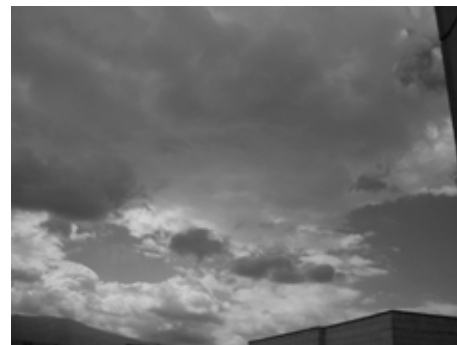


Fig.10 – 01/09/06



Fig. 11 – 01/09/06

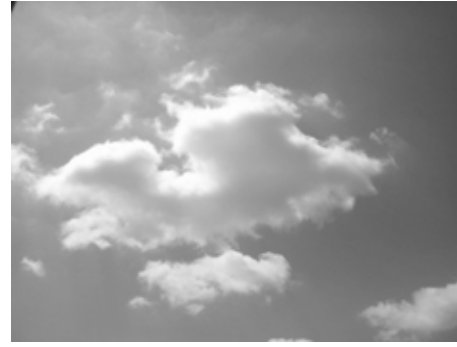


Fig. 12 - 01/09/06

Finally, in Figures 13–15 the development of clouds coming before a relatively short-term clearing up of the weather is shown. The trend of decreasing of the cloud optical thickness is clearly manifested for time interval of 50 minutes (first two images). The third picture is taken 4 minutes later than the second one. Now the trend is not quite evident because of the strong single scattered sunlight through the thinner parts of the cloud. It seems that the cloud becomes thicker. As was mentioned above, the presence of thin parcels of surrounding aerosol is an obstacle for the proper determination of the brightness of the clouds in images. Two hours later the sky almost cleared up and became sunny. Only the next day was cloudy again.



Fig.13 – 31/01/07



Fig.14 – 31/01/07



Fig.15 – 31/01/07

Results and conclusion

The possibility of tracing out the cloud evolution by estimates of cloud optical thickness from consecutive ground-based visible images is discussed. Some practical considerations concerning the necessary conditions for proper interpretation of the visual features of clouds are presented. The results show that the trend of the variance of cloud optical features is in line with the change of weather conditions. Ground-based optical observations of clouds are a useful technique for studying formation and development of small-scale clouds and may be used for short-term prediction of the weather.

Acknowledgements:

The present paper is supported by the NCSI under contract NZ 1414/04.

References:

1. E v e r e t t e , J., W. W e i – C h y u g. An interactive cirrus cloud radiative parameterization for global climate models (1999). Journal of Geophysical Research, Volume 104, Issue D8, p. 9501-9516.
2. D u b i n s k y , R.H., A.I. P a l . C a r s w e l l . S.R. (1985). Determination of cloud microphysical properties by laser backscattering and extinction measurements. Applied Optics, vol. 24, p. 1614 -1622.

STUDY OF THE AURORAL 5577 Å AND 6300 Å EMISSIONS AND THE RELATED PHENOMENA UNDER QUIET AND DISTURBED CONDITIONS

Veneta Guineva¹, Espen Trøndsen², Steve Marple³, Chris Hall⁴, Paul Cannon⁵,
Truls Lynne Hansen⁴

¹Solar-Terrestrial Influences Laboratory - Bulgarian Academy of Sciences, Stara Zagora Department

²University of Oslo, Department of Physics, Norway

³Lancaster University, Department of Communications Systems, UK

⁴Tromsø Geophysical Observatory, University of Tromsø, N-9037 Tromsø, Norway

⁵Radio Science and propagation group, QinetiQ, UK
e-mail: v_guineva@yahoo.com

Key words: auroral arcs, electron precipitation, magnetic field

Abstract. Measurements of the 5577 Å and 6300 Å emissions have been performed by All-Sky Imager (ASI), at Andøya Rocket Range (ARR), Andenes, Norway. The Norwegian island Andøya affords excellent opportunities for the Arctic atmosphere and ionosphere research thanks to its geographic position, and to the rich complex of instruments, installed and functioning in the Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research (ALOMAR) and ARR, as well. Auroral images, obtained by ground-based imaging systems, are a useful tool for investigating the physical processes responsible for auroral emission. Simultaneous All-sky camera data are used to watch the atmospheric conditions. Data during a quiet night (November 7, 2005, 15:30:00 UT – November 8, 2005, 5:50:00 UT) and at highly disturbed geomagnetic conditions (November 3, 2005, 15:50:00 UT – November 4, 2005, 5:40 UT) are used for the study. The emissions distributions in both cases are compared.

For better understanding of the auroral images and the arcs behaviour, resulting of a lot of phenomena, simultaneous data from other instruments are used together with solar activity, solar wind and IMF data. The activity in the energetic particle precipitation over a large area of the ionosphere is studied from the riometer beam data and absorption images, obtained using the measurements of the Imaging Riometer for Ionospheric Studies (IRIS) at Kilpisjärvi, provided by the Lancaster University. The Tromsø digisonde ionograms give information about the plasma parameters. The course of the terrestrial magnetic field components and the geomagnetic activity are provided by the Tromsø Geophysical observatory.

Analysis of the data is performed to look for the relations between the different processes and for their influence on the auroral arcs.

The study is performed under a project, part from the ALOMAR eARI Project, EU's 6th Framework Programme, Andenes, Norway.

Introduction. The generation and dynamics of the auroral arcs are in close relation with all processes in the magnetosphere and ionosphere, the Solar influence on the Earth atmosphere and the chemistry and the energy balance in the lower atmosphere. For that reason the study of the optical events at high latitudes and their connection to other occurring phenomena is of great importance for the understanding of the complex and multiform interactions, describing the Sun-Earth relations. The variety of the auroral forms and their behaviour, as a result of the complexity of the processes in the upper atmosphere at high latitudes and the connection between them as well as the large number of influencing factors give the researchers a lot of possibilities for new investigations. The improvement of the observational equipment and the opportunities for simultaneous multi-instrument observations by different instruments, as well by sets of instruments of the same kind, often including both ground-based and satellite or rocket measurements (for example Weiss, 1992, Berg et al., 1994, Safargaleev et al., 1996, Mathews, Mann and Moen, 1997, Pryse et al., 2000, Sandholt et al., 2002, Kadokura et al., 2002, Chaston et al., 2003, etc.), nowadays are a precondition for an extensive research of the auroral forms. Each instrument individually provides valuable information concerning certain aspects of the ionosphere, yet taken together, the data from several different instruments complement each other to give a comprehensive picture of the polar ionosphere.

The auroral arcs are sorted into different categories according to their spatial structure and evolution (Kullen et al., 2002). The dynamics of single (Sandholt and Lockwood, 1990, Qu et al., 1991, Milan, Lester and Moen, 1997, Kintner et al., 2002, Safargaleev et al., 2003) or multiple (Weiss, 1992, Berg et al., 1994, Thorolfsson et al., 2000, Mathews, Mann and Moen, 2003) arcs in different parts of the auroral oval is studied. Optical events during substorms (Foster et al., 1994, Farrugia et al., 2001, Kadokura et al., 2002, Sandholt et al., 2002, Liang, Sofko and Donovan, 2004) and under quiet conditions (Lassen and Danielsen, 1987, De La Beaujardiere et al., 1994, Kozlovsky et al., 2001) are examined. Ions (Sandholt and Lockwood,

1990, De La Beaujardiere et al., 1994, Foster et al., 1994, Pryse et al., 2000, Stevenson et al., 2001), protons (Kadokura et al., 2002) or electrons (Lassen and Danielsen, 1987, Weiss, 1992, Gallagher, 1997, Farrugia et al., 2001, Jussila et al., 2001, Kozlovsky, Safagdeev and Jussila, 2003) precipitation over the arc regions are registered and studied. The relationship of the optical phenomena with the IMF and solar wind components (De La Beaujardiere et al., 1994, Milan, M. Lester and Moen, 1997, Milan et al., 1999, Pryse et al., 2000, Kullen et al., 2002, Zesta et al., 2003, Kozlovsky, Safagdeev and Jussila, 2003), the magnetospheric tail layers (Sandholt, and Lockood, 1990, Weiss, 1992, De La Beaujardiere, 1994, Sandholt et al., 2002, Zesta et al., 2003, Kozlovsky, Safagdeev and Jussila, 2003), the Earth magnetic field (Kozlovsky et al., 2001) is analysed.

In a number of cases, the connection of the optical events with the plasma convection (Berg et al., 1994, Foster et al., 1994, Doe et al., 1994, Kozlovsky et al., 2001, Conde et al., 2001, Zesta et al., 2003), the convection direction (Weiss, 1992, Pryse et al., 2000), velocity (Thorolfsson et al., 2000, Safargaleev et al., 2003) or reversal boundary (Sandholt and Lockood, 1990, Mathews, Mann and Moen, 2003) is studied. A relationship between the observed arcs and the field-aligned currents and other flow directions is found (Weber et al., 1991, Weiss, 1992, Gallagher, 1997, Milan, Lester and Moen, 1997, Stevenson et al., 2001, Kadokura et al., 2002, Lakkala, Aikio and Kozlovsky, 2002, Lotko and Streltsov, 2003).

Alfven waves above broad auroral arcs are found to be responsible for their generation (Lotko and Streltsov, 2003, Chaston et al., 2003, Mathews, Mann and Moen, 2003). On the other side, auroral arcs appear the effective generator of neutral wind oscillations and gravity waves (Oyama et al., 2001).

The thermospheric winds and ionospheric currents in the vicinity of auroral arcs are studied (Conde et al., 2001, Ishii et al., 2003).

Interesting phenomena such as Auroral poleward boundary intensifications (Farrugia et al., 2001, Sandholt et al., 2002, Zesta et al., 2002, Zesta et al., 2003), auroral cavities (Doe et al., 1994, Lakkala, Aikio and Kozlovsky, 2002), field line resonances and auroral vortex structures (Samson, Cogger and Rao, 1996, Sandholt et al., 2002) are examined.

For a number of cases, several interpretations of the observations can be presented (Weiss, 1992, Doe et al., 1994, Milan, Lester and Moen, 1997, Milan et al., 1999, Lakkala, Aikio and Kozlovsky, 2002) or suggestions can be made (Milan et al., 2003, Zesta et al., 2002, Kozlovsky, Safagdeev and Jussila, 2003). More multi-instrument observations and studies are needed to clarify and explain the high-latitude ionospheric phenomena and the complex relations between the optical auroral structures, and the geomagnetic conditions and the solar activity, solar wind and IMF parameters.

The Norwegian island Andøya affords excellent opportunities for the Arctic atmosphere and ionosphere research not only thanks to its geographic position, but to the rich complex of instruments, installed and functioning in ALOMAR and Andøya Rocket Range.

Space and geomagnetic conditions in November 2005. The purpose of this work was to study the emissions in the Northern polar oval areas under different space and geomagnetic conditions and to examine their relation to other ionospheric and magnetospheric processes. That is why satellite data are used to trace out the course of the Interplanetary Magnetic Field (IMF), the solar wind parameters, the energy input in the Northern hemisphere and the geomagnetic indices. The components of the IMF are shown in Fig.1. The solar wind speed, the proton density and the ion temperature are presented in Fig.2. These data are from the magnetometer (MAG) and the Solar Wind Electron Proton Alpha Monitor (SWEPAM) on board the Advanced Composition Explorer (ACE) satellite. The auroral particles power input in the Northern hemisphere in November 2005 is given in the lower

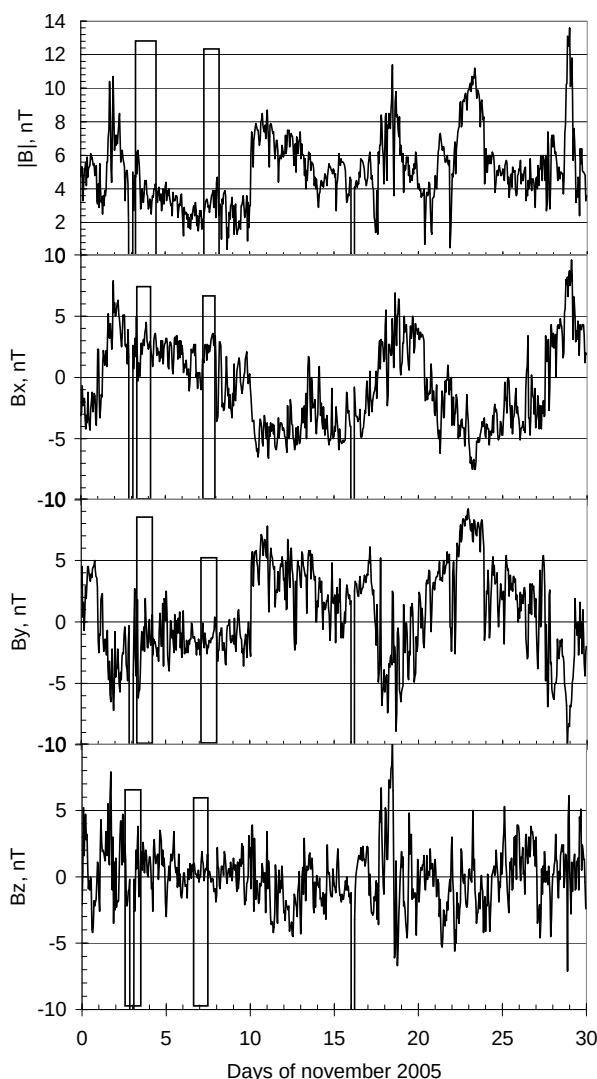


Fig. 1. IMF components in November 2005 after ACE Satellite data

plot of Fig.3. Data of the power flux carried by protons and electrons that produce aurora in the atmosphere are recorded by the instruments on board the NOAA Polar-orbiting Operational Environmental Satellite (POES). In Fig.4, the course of the planetary indices k_p and A_p in November 2005 is given. These indices are

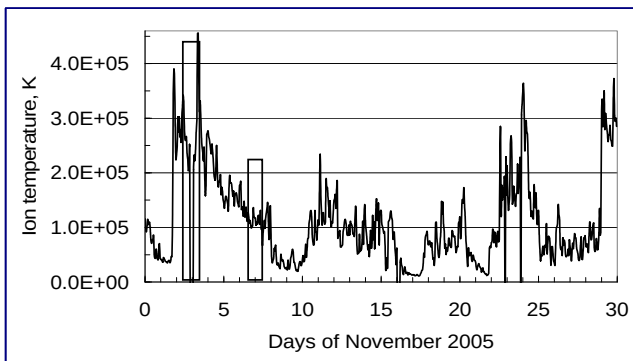
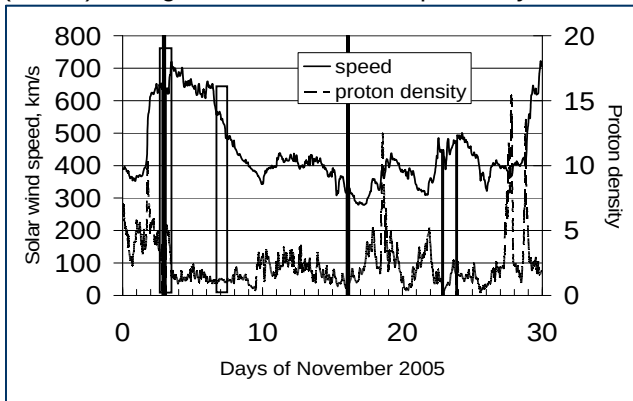


Fig. 2. Some Solar wind parameters in November 2005 (ACE data).

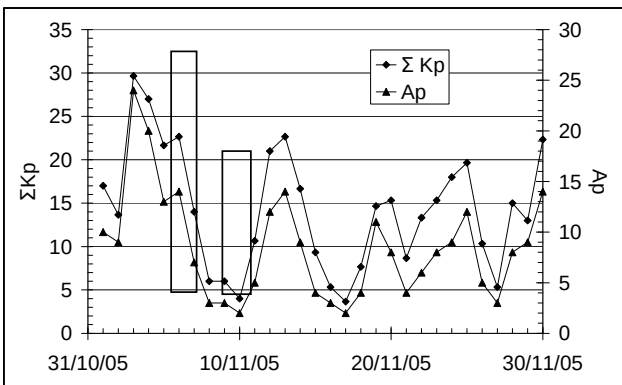


Fig. 4. k_p and A_p geomagnetic indices in November 2005

2005, 15:50:00 UT – November 4, 2005, 5:40 UT). The first night is among the quietest ones (Nov. 8 is Q4) and the second one – among the most disturbed ones (Nov. 3 and 4 are D1 and D2) for November 2005. The examined periods are marked with rectangles in the above figures. The power input is presented in detail for these periods in Fig.3.

Observations. Images of 5577 Å and 6300 Å emissions during the examined periods are obtained from the **All-Sky Imager (ASI)**. For better understanding of the auroral images and the arcs behaviour, resulting of a lot of phenomena, simultaneous data from other instruments are used together with the solar activity, solar wind, IMF and geomagnetic activity data. The distribution of the energetic particles precipitation is given by the **Imaging Riometer for Ionospheric Studies (IRIS)** measurements. The changes in the magnetic field components are recorded by the **Andenes Magnetometer**. The **Tromsø Digisonde** provides information about the plasma parameters.

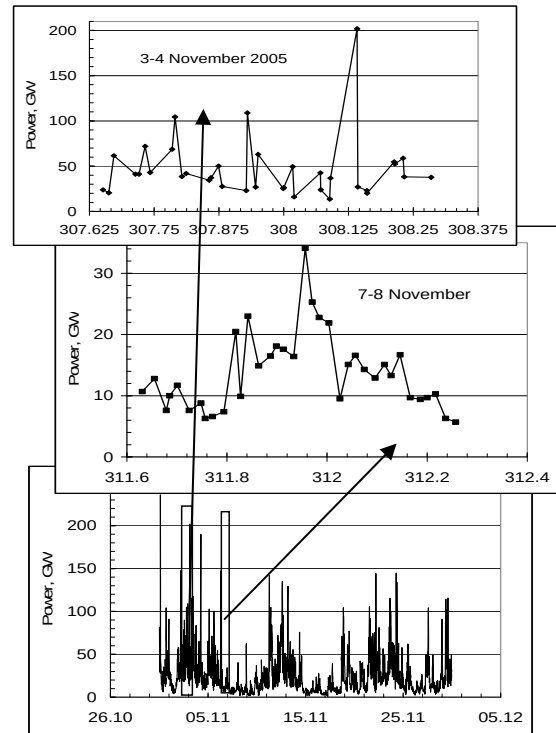


Fig. 3. Auroral particles power input in the Northern hemisphere during November 2005 (NOAA POES measurements). The examined periods are given in detail

estimated on the basis of the measurements of a set of stations.

Examined periods. During November 2005, measurements of the 5577 Å and 6300 Å emissions have been performed by the All Sky Imager (ASI), when the needed conditions were present. Simultaneous All-sky camera data are used to watch the atmospheric conditions.

Taken into account the measurement days and the course of the examined quantities in Fig.1-4, two periods were chosen when the space and geomagnetic conditions were considerably different: a quiet night (November 7, 2005, 15:30:00 UT – November 8, 2005, 5:50:00 UT) and at highly disturbed geomagnetic conditions one (November 3,

All-Sky Imager (ASI). ASI is positioned at ARR, Andenes (69.3°N, 16.03°E). It records automatically the 5577 Å and 6300 Å emissions with 10 s time resolution, from a 180° field of view in a 512x512 matrix. The raw data are processed in the Oslo University.

Imaging Riometer for ionospheric Studies (IRIS). IRIS, at Kilpisjärvi, Finland (69.05°N, 20.79°E), measures the absorption of cosmic noise at 38.2 MHz by 49 beams (7x7 area) every second. This absorption corresponds mostly to ionisation by electrons with energies in the range 10÷x100keV and deposition heights centered at about 90 km. The database is organized by the Lancaster University.

Andenes Magnetometer. The Andenes magnetometer (69.3°N, 16.03°E) measures the magnetic field components every second. The vertical component (Z), the horizontal one (H) (along the magnetic meridian) and the declination (D) (perpendicular to H) are accumulated and processed at the Tromsø Geophysical Observatory, University of Tromsø, Norway.

Tromsø Digisonde. Ionograms, describing the essential ionosphere parameters are acquired at 15 minutes' intervals after processing the data, registered by the Digisonde, situated at Tromsø (69.6N, 19.2E).

Projected fields of view in geographic coordinates of ASI and IRIS. ASI and IRIS are situated in the same area, not far each to other, and their fields of view overlap. The positions of the projected fields of

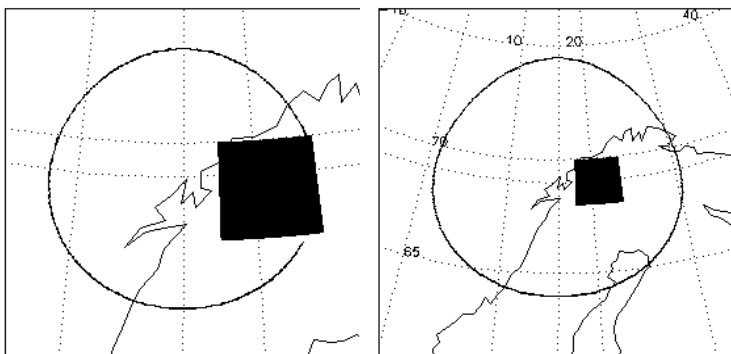


Fig. 5. Projected fields of view in geographic coordinates of ASI and IRIS

view of the instruments are shown in Fig.5 in geographic coordinates for both cases: 5577 Å and 6300 Å measurements by ASI. The ASI field of view (fenced in the circles) is taken $\pm 70^\circ$ from zenith (the way the images are obtained), with assumed height of 120 km for the 5577Å emitting features and 250 km for the 6300 Å ones (the left and right pictures, respectively). The IRIS field of view is $18^\circ \div 23.5^\circ \text{E}$ and $-(65.2^\circ \div 66.8^\circ \text{N})$, with energy deposition height, considered 90 km (the black rectangles). It is seen that the IRIS field of view falls within the ASI field of view in both cases.

Spatial distributions. The obtained ASI and IRIS images with 1 min. resolution for the quiet and disturbed periods are examined. In Fig.6, typical examples of 1-hour plots of the 5577 Å (up) images and

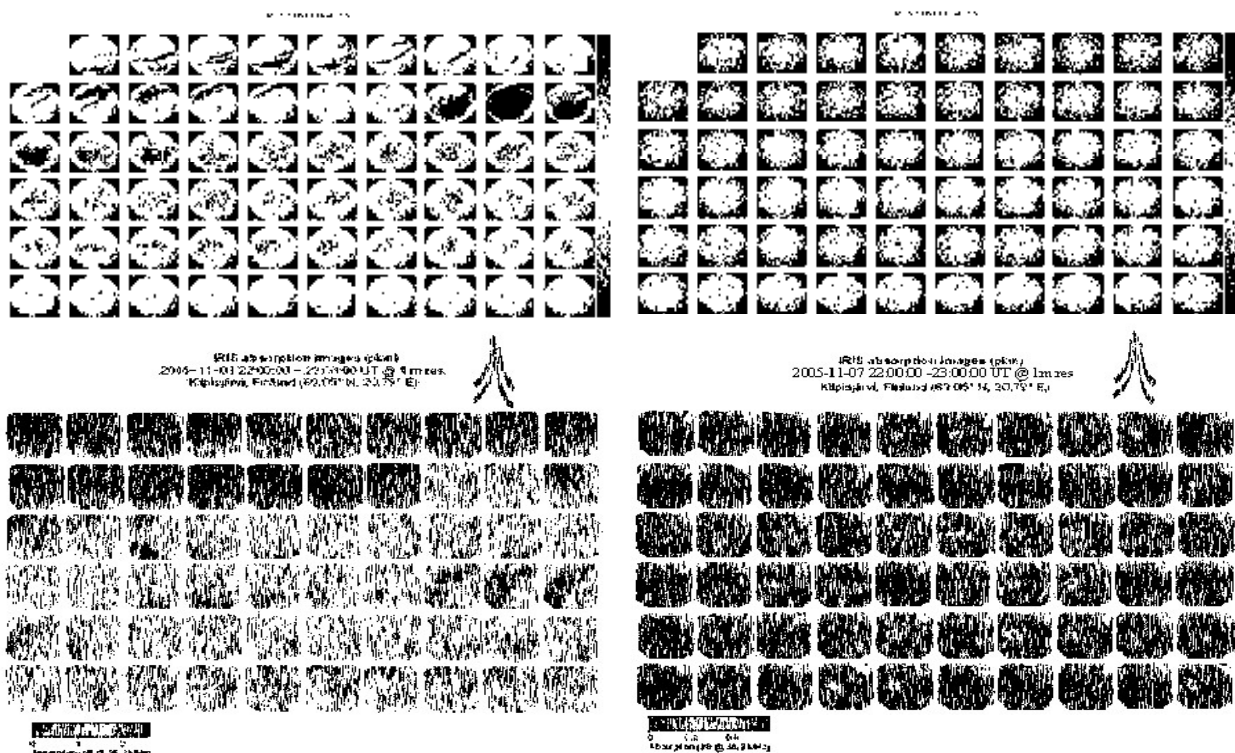


Fig. 6. Typical examples of 1-hour plots of the 5577 Å (up) images and IRIS absorption ones (down). The left column presents the images of 22:00÷23:00h on 3 Nov. 2005, and the right one is for 22:00÷23:00h on 7 Nov.2005 (when the most intensive glow for this day occurred). North direction is up.

IRIS absorption ones (down), are shown. The left column presents the images of 22:00÷23:00h on 3 Nov. 2005, and the right column is for 22:00÷23:00h on 7 Nov. 2005 (when the most intensive glow for this day occurred). In all images, North direction is up.

The images present the spatial distribution of the auroral forms. The temporal evolution is given by the consecutive images. Fast glow changes (with the time scale of seconds) are observed during the disturbed period. Immense variety of forms generate, move through the field of view, changing in form and intensity. The observed arcs usually have sharp edges, and in most cases their direction is almost East-West, sometimes turning into NE-SW or NW-SE. On the common background of increased intensity, considerable glow enhancement occurred several times and persevered for more than half an hour (like the one presented in the figure). During the quiet period the glow is much weaker. Even in the time of higher glow values, the increase is slow and gradual. No separated arcs are observed. The enhanced glow represents just slightly brighter patches with smooth edges. A close connection between the distribution and development of the intensity of 5577Å and 6300 Å and the absorption images, presenting the electron flux distribution, is visible.

Temporal development. To see better the changes with the time, the so called “keograms” are

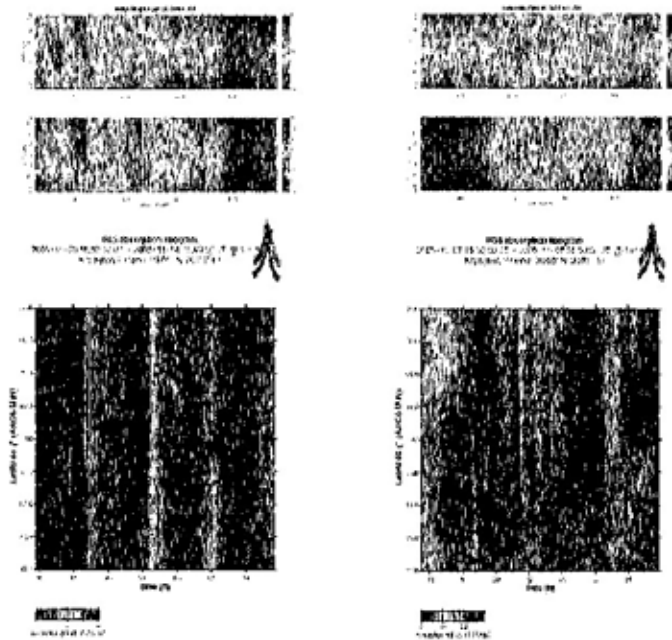


Fig. 7. ASI (6300 Å up, 5577 Å down) and IRIS (further down) keograms for the examined periods. The keograms of 3-4 Nov. 2005 are on the left side and the ones of 7-8 Nov. 2005 are on the right side.

constructed, shown in Fig.7. They present the data along a geomagnetic meridian in dependence of the time. The ASI keograms are obtained for the geomagnetic meridian, passing through the center of the field of view (100.23°E), $\pm 70^\circ$ from zenith, in log scale, from 6.5 to 8.5 for 6300Å (upper left picture in Fig.7), to 10 for 5577 Å (lower left one) on 3-4 Nov., and to 7.4 for 6300Å (upper right picture), and to 8 for 5577 Å (lower right) on 7-8 Nov. The IRIS keograms are created also for the central point of the instrument field of view (103.62°E) for geomagnetic latitudes range $65.2^\circ\div 66.8^\circ\text{N}$ (bottom pictures). The absorption, registered by beam 15 (closest to the ASI center of the field of view) and the magnetic field components course, measured in Andenes, are examined, too. The bulk of emission is not symmetric towards midnight in the disturbed period. Highly enhanced glow is observed from about 16 h. till 3 h in the morning, but the most intensive part is up to midnight. During the quiet period, the glow intensity is more symmetric (20 h. to 4 h.), and again higher up to midnight. A good correlation between the optical emissions, the precipitating electron fluxes and the terrestrial magnetic field during the examined periods is observed.

Conclusions. Close connection between the space and geomagnetic conditions and the auroral emissions activity is observed. Fast glow changes (with the time scale of seconds) are observed during the disturbed period. The observed in the disturbed period arcs usually have sharp edges, and in most cases their direction is almost E-W, sometimes turning into NE-SW or NW-SE. Considerable glow enhancement occurred several times and persevered for more than half an hour.

During the quiet period the glow is much weaker, the increase is slow and gradual. No separated arcs are observed.

A close connection between the distribution and development of the intensity of 5577Å and 6300 Å and the absorption images, presenting the electron flux distribution, is seen. A good correlation between the optical emissions and the precipitating electron fluxes, and the terrestrial magnetic field during the examined periods is observed.

Acknowledgments: The work was supported by the European Union’s 6th Framework Program within the ALOMAR eARI (22_VeGi) Project. We are thankful for the data originated from (IRIS), operated by the Department of Communications Systems at Lancaster University (UK) in collaboration with the Sodankylä Geophysical Observatory, and funded by the Particle Physics and Astronomy Research Council (PPARC).

We are grateful to the Tromsø Geophysical Observatory, University of Tromsø, Norway, for providing the magnetometer data and the ionograms.

References:

1. Berg G., M. Kelley, M. Mendillo, R. Doe, J. Vickrey, C. Kletzing, F. Primdahl, K. Baker. JGR, v.99, pp.17577-17589, 1994
2. Chaston C., L. Peticolas, J. Bonnell, C. Carlson, R. Ergun, J. McFadden, R. Strangeway. JGR, v.108, A2, pp.SIA 17-1, CiteID 1091, 2003
3. Conde M., J. Craven, T. Immel, E. Hoch, H. Stenbaek-Nielsen, T. Hallian, R. Smith, J. Olson, W. Sun, L. Frank, J. Sigwarth. JGR, v.106, A6, pp. 10493-10508, 2001
4. De La Beaujardiere O., L. Lyons, J. Ruohoniemi, E. Friis-Christensen, C. Danielsen, F. Rich, P. Newell. JGR, v.00, A1, pp. 287-298, 1994
5. Doe R., M. Mendillo, J. Vickrey, J. Ruohoniemi, R. Greenwald. Radio Science, v.29, N1, pp.293-309, 1994
6. Farrugia C., P. Sandholt, M. Lester, S. Cowley, W. Denig, B. Lybekk, E. Trondsen. AGU, Spring Meeting 2001, abstract#SM52A-11, 2001
7. Foster J., M. Buonsanto, M. Mendillo, D. Nottingham, F. Rich, W. Denig. JGR, v.99, A6, pp. 11429-11440, 1994
8. Gallagher H. Radar and optical observations of plasma convection associated with very high-latitude auroral arcs, PhD Thesis, Boston College, Source DAI-B 58/03, p. 1349, 346 pages, 1997
9. Ishii M., M. Kubota, M. Conde, R. Smith, M. Krynicki. AGU, Fall Meeting 2003, abstract#SA21A-06, 2003
10. Jussila J., A. Aikio, S. Shalimov, S. Marple, M. Syrjasuo. AGU, Fall Meeting 2001, abstract#SM51B-0815, 2001
11. Kadokura A., A.-S. Yukimatu, M. Ejiri, T. Oguti, M. Pinnock, M. Hairston. JGR, v.107, A12, pp.SMP 36-1, Cite ID 1479, 2002
12. Kintner P., H. Kil, C. Deehr, P. Schuck. JGR, v. 107, A7, pp. SIA 13-1, CiteID 1127, 2002
13. Kozlovsky A., T. Lakkala, J. Kangas, A. Aikio. JGR, v.106, A10, pp.21463-21474, 2001
14. Kozlovsky A., V. Safargadeev, J. Jussila. EGS-AGU-EUG Joint Assembly, 6-11 April 2003, Abstract#4189, 2003
15. Kullen A., M. Brittnacher, J. Cumnock, L. Blomberg. JGR, v.107, A11, pp.SMP 13-1, CiteID 1362, 2002
16. Lakkala T., A. Aikio, A. Kozlovsky. EGS XXVII General Assembly, Nice, 21-26 April 2002, abstract #3523, 2002
17. Lassen K., C. Danielsen, 1987
18. Liang J., G. Sofko, E. Donovan. JGR, v.109, A6, CiteID A06213, 2004
19. Lotko W., A. Streltsov. AGU, Fall Meeting 2003, abstract#SM21C-04, 2003
20. Mathews J., I. Mann, J. Moen. EGS-AGU-EUG Joint Assembly, 6-11 April 2003, Abstract#7916
21. Milan S., M. Lester, J. Moen. An.Geophys., v.15, N11, pp.1388-1398, 1997
22. Milan S., M. Lester, S. Cowley, J. Moen, P. Sandholt, C. Owen. Ann. Geophys., v.17, N2, pp.159-172, 1999
23. Oyama S., M. Ishii, Y. Murayama, H. Shinagawa, S. Buchert, R. Fujii, W. Kofman. JGR, v.106, A9, pp. 18543-18554, 2001
24. Pryse S., A. Smith, L. Kersley, I. Walker, C. Mitchell, J. Moen, R. Smith. Ann. Geophys., v.18, N1, pp.90-98, 2000
25. Qu Q., T. Rosenberg, F. Berkey, R. Eather. JGR, v.96, A5, pp. 7709-7719, 1991
26. Safargaleev V., A. Kozlovsky, S. Osipenko, V. Tagirov. An.Geophys., v.21, N8, pp.1793-1805, 2003
27. Samson J., I. Cogger, Q. Rao. JGR, v.101, A8, pp. 17373-17384, 1996
28. Sandholt Per E., M. Lockood. Geophys. Res. L., v.17, pp.1877-1880, 1990
29. Sandholt Per E., Ch. Farrugia, M. Lester, S. Cowley, St. Milan, W. Denig, B. Lybekk, E. Trondsen V. Vorobjev. JGR, v.107, A11, pp.SMP 4-1, CiteID 1342, 2002
30. Stevenson P., J. Horwitz, G. Germany, T. More, B. Giles, P. Craven, M. Chandler, Y.-J. Su, G. Parks. JGR, v. 106, A9, pp. 18969-18980, 2001
31. Thorolfsson A., J.-C. Cerisier, M. Lockood, P. Sandholt, C. Senior, M. Lester. Ann. Geophys., v.18, N9, pp. 1054-1066, 2000
32. Weber E., J. Vickrey, C. Heinselman, H. Gallagher, L. Weiss, R. Heelis, M. Kelley. JGR, v. 96, Oct.1, pp. 17847-17863, 1991
33. Weiss L. A study of high-latitude auroral arcs using radar, optical and in situ techniques, PhD Thesis Rice Univ., Houston, TX, 1992
34. Zesta E., L. Lyons, E. Donovan, H. Frey, T. Nagai. AGU, Fall Meeting 2002, abstract#SM21D-07, 2002
35. Zesta E., L. Lyons, E. Donovan, J. Sigwarth, H. Frey, T. Nagai. AGU, Fall Meeting 2003, abstract#SM42B-0605, 2003

RECOGNITION OF OBJECTS ON THE EARTH'S SURFACE THROUGH TEXTURE ANALYSIS OF SATELLITE IMAGES

Mariana Tsaneva, Doyno Petkov

*STIL – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mtsaneva@hotmail.com*

Key words: object recognition, texture analysis, satellite images, Gabor filter, wavelet transform, remote sensing

Abstract: *This paper considers one of the purposes of image analysis: object recognition. How texture recognition can be used for object recognition is presented. Transform methods of texture analysis, such as Gabor filter and wavelet transform, are used for detection of objects on the Earth's surface in satellite images. The importance of these methods for object recognition is demonstrated by comparison of some results with results of other image analysis and texture analysis methods. Experimental results of our work illustrate some remote sensing applications of texture analysis of satellite images. The role of texture information for research and development of interpretation and classification techniques of satellite images is considered.*

Introduction

The problem of object recognition is the common task in computer vision, image processing and analysis, and remote sensing. In the computer vision literature four processing stages of object recognition are considered: image enhancement, feature extraction, image segmentation, and object recognition. On the other hand, recognition is the important phase of the classification process, which involves two phases: the learning phase and the recognition phase. Object recognition is studying and classifying an unknown object into one of a set of predefined classes [1,2]. Studying objects on the Earth's surface can use many features: spectral, texture, colour features. For texture features extraction, texture analysis methods are used. Each object can be represented in N-dimensional feature space, where N is the number of object pixels or the number of features calculated for each object. The work in this paper is closely related to texture discrimination in image processing. We consider the recognition of textures from a satellite image, containing a wide variety of natural textures of land cover objects, water and clouds. In this paper, we study texture discrimination based on two wavelet filter families, orthonormal and Gabor fractional wavelets. The purposes of this work are:

1. To develop an algorithm for texture analysis of satellite images.
2. To select the best texture features for texture recognition of objects on satellite images by wavelet decomposition of the images.

Texture recognition and object recognition

Texture can be defined as a variation of the pixel intensities in image subregions. The assumption is that the intensity variation of different objects are different [1]. We can help object recognition by characterizing texture. The texture content of the images is captured with the chosen texture analysis method. Tuceryan and Jain [3] divided texture analysis methods into four categories: statistical, geometrical, model-based and transform-based (signal processing) methods. Signal processing methods analyze the frequency content of the image. The texture content is described with the texture analysis method, which yields a set of features (texture features, which form the feature vector) for each image. These features can be scalar numbers, discrete histograms or empirical distributions. They characterize the properties of an image texture: spatial structure, contrast, roughness, orientation, etc.

The satellite images contain various objects with different textures. If the objects have periodical texture (water, deserts, urban areas), the spectral analysis methods give more information than the spatial analysis methods. If the image contains many objects with different textures or the objects with aperiodical texture (mountains), they used texture analysis methods in the spatial and spectral domain (multichannel two-dimensional discrete filters).

A linear filter bank is normally used for the representation of texture patches by low-dimensional local descriptors. The feature vector (descriptor) formed by the outputs of N filters at a certain pixel is a rank – N linear mapping of the gray level profile within a neighborhood of that pixel. The feature vectors can be used in a recognition system. Other texture feature vectors are formed by statistical features: gray level cooccurrence matrix (GLCM), mean, standard deviation.

There are a number of classification algorithms: parametric statistical classifiers derived from the Bayesian decision theory, nonparametric k-nearest neighbor classifier, various neural networks, and support vector machines. Texture classification process involves the learning phase and the recognition phase. In the learning phase the target is to build a model for the texture content of each texture class present in the training data. In the recognition phase the texture content of the unknown object is first described with the same texture analysis method, then the texture features of the object are compared to those of the training images with a classification algorithm. The object is assigned to the class with the best match. If the best match is not sufficiently good according to some predefined criteria, the unknown object can be rejected instead [1, 4].

Gabor filters

One of the most popular transform based approaches for texture feature extraction has been the use of Gabor filters. In the spatial domain an image is described by its two-dimensional intensity function. The same image is described by the coefficients of sine- and cosine-basis functions at a range of frequencies and orientations (the Fourier transform). Similarly, the image can be expressed in terms of coefficients of other basis functions. Gabor used a combined representation of space and frequency to express signals in terms of Gabor functions. The traditional Gabor filter is applied to an image for extracting texture by convolving them. The procedure involves taking the Fourier transform of the image and the Gabor function, taking the convolution, and taking an inverse transform [4].

Essentially, the function proposed by Gabor describes a sinusoidal wave with modulate frequencies by a Gaussian envelope. The filters ensemble is one-dimensional. It extended to the two-dimensional case by Daugman. A two-dimensional Gabor filter is sensitive to a particular frequency and orientation. They have some advantages: tunable orientation and radial frequency bandwidths, tunable center frequencies and optimally achieve joint resolution in spatial and frequency domain. A major difficulty of this method is how to determine the number of Gabor channels at the same radial frequency, and the size of the Gabor filter window [5].

Wavelet transform

Multiresolution analysis, the so-called wavelet transform, is achieved by using a window function, whose width changes as the frequency changes [6]. If the window function is Gaussian, the obtained transform is called the Gabor transform [7]. Since low frequencies dominate virtually all real images, the two-dimensional wavelet transform has ability to decompose an image in the low-frequency channel makes it ideal for image analysis. At each level, the wavelet transform decomposes an image into four channels, which can be represented by LL (a low horizontal and low vertical frequency), LH (a low horizontal and high vertical frequency), HL, and HH (contains most of the image noise). The wavelet coefficients, the gray-level cooccurrence matrix (GLCM) texture features [8], mean and standard deviation are the most applied to get a texture information of an image.

Experiments and results

We use a true-color image of the Black Sea with a large phytoplankton bloom (Fig. 1). From the upper left corner, the countries around the Black Sea are: Ukraine to the north, Russia and Georgia to the east, Turkey to the south, and Bulgaria and Romania to the west. The Sea of Azov is the smaller body of water located just north of the Black Sea in this image. This scene was acquired by the Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS), flying aboard the OrbView-2 satellite, on May 4, 2002.

Three kinds of experiments are implemented:

1. Experiments with subimages - forming a texture database.
2. Experiments with texture features - building a texture classification model.
3. Experiments with texture features - recognizing of unknown objects.

All these experiments are realized with subimages of satellite image of Black Sea, which are representative of texture classes.

The texture database used in our experiments consists of six different texture classes: water, phytoplankton, land, clouds, clouds + land and clouds + water. Each image of texture class is 50 x 50 pixels. These images are used in comparing the performance of different texture features: mean, standard deviation, angular second moment (ASM), contrast, correlation, inverse difference moment (IDM), entropy. The performance is measured in terms of the average retrieval rate which is defined as the average percentage number of patterns belonging to the same image as the query pattern in the top 15 matches.

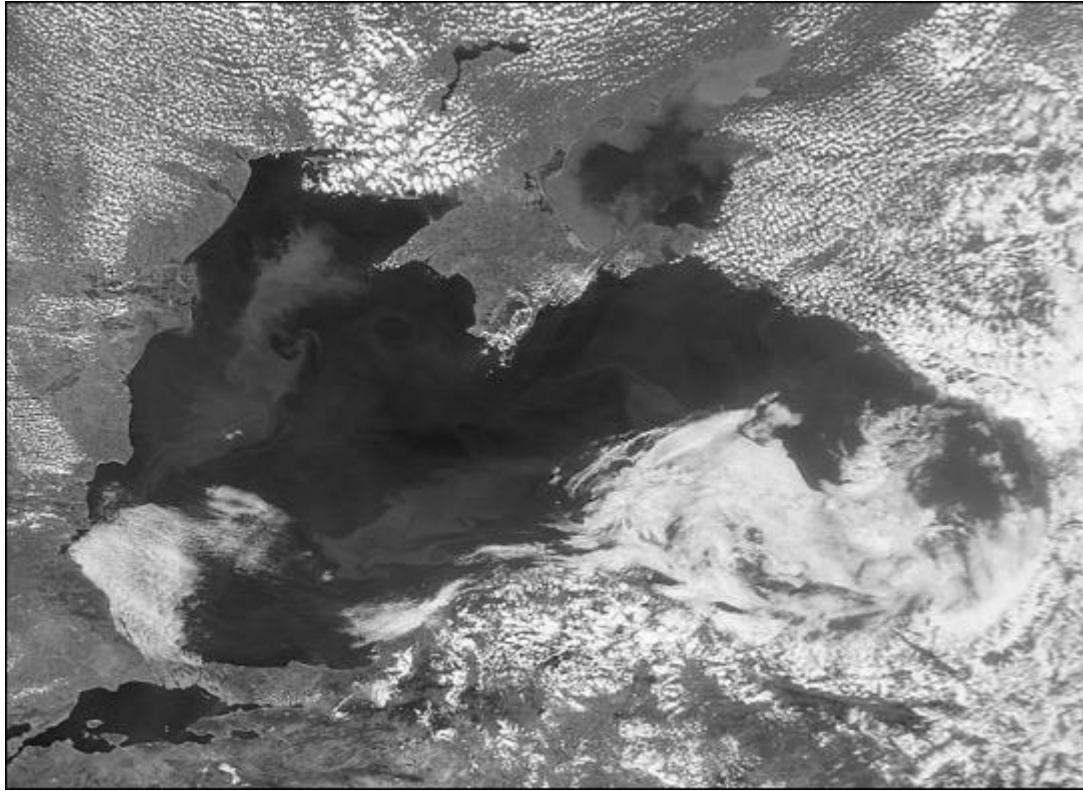


Fig. 1. The satellite image of the Black Sea

On the average 74.37% of the correct patterns are in the top 15 retrieved images. The training images are formed data inputs of a neural network model of texture. We use the Excel macro NNClass [9]. The neural network model is basically a set of weights between the layers of the net. The saved model containing the model inputs, our data, and the fitted model (weights) can be used as a calculator to do classification, given any new input (i. e. the feature vector of seven texture features of an unknown object in the recognition phase).

All images from the texture database and recognizing images are processed with ImageJ, the faster image processing and analysis program written in Java [10]. We also use the plugins Fraction Wavelets Transform and Module [11], and GLCM Texture.

The following algorithm for texture recognize is developed:

1. Use wavelet transformation to decompose the image into subbands (LL, LH, HL, and HH).
2. Calculate mean, standard deviation, ASM, contrast, correlation, IDM, and entropy for each image of the texture database.
3. Build a classification model by using neural networks.
4. Calculate the same texture features for an unknown object.
5. Compare the texture feature vector of the unknown object with the texture feature vectors of the texture database by neural network.

Fig. 2 shows some subimages from the texture satellite images database. They are selected randomly and their feature vectors are the training input data of the classification model.



Fig. 2. Some subimages from texture database: water, land, clouds and phytoplankton

Table 1 and 2 show training data (texture feature vectors) of subimages of the texture database.

Table 1. The training data of the texture features calculated after orthonormal wavelet filtering

Obs No.	Species_Name	Mean	StdDev	ASM	Contrast	Correlation	IDM	Entropy
1	water	64.377	83.864	0.057	428.657	0.00014	0.498	4.544
2	land	97.404	48.564	0.012	435.718	0.00037	0.249	5.972
3	land	67.157	51.142	0.007	335.355	0.00036	0.219	6.34
4	clouds	88.535	60.413	0.00079	734.192	0.00025	0.066	7.626
5	clouds +land	98.615	50.667	0.00045	876.454	0.00031	0.06	7.901
6	clouds	72.413	78.879	0.005	529.996	0.00016	0.146	6.633
7	clouds +land	79.398	65.517	0.00071	655.53	0.00022	0.072	7.644
8	water	61.361	82.545	0.032	343.179	0.00015	0.403	5.012
9	phyto- plankton	77.619	44.908	0.078	165.028	0.00047	0.489	4.581
10	phyto- plankton	32.962	59.005	0.031	276.166	0.00025	0.357	5.388
11	clouds	78.927	87.08	0.032	502.01	0.00013	0.348	5.339
12	clouds	77.032	86.598	0.021	508.919	0.00013	0.28	5.553
13	clouds +water	79.602	72.126	0.027	365.428	0.00019	0.311	5.457
14	clouds +water	76.579	84.52	0.031	497.436	0.00014	0.352	5.299

Table 2. The training data of the texture features calculated after Gabor – like wavelet transform

Obs No.	Species_Name	Mean	StdDev	ASM	Contrast	Correlation	IDM	Entropy
1	water	63.022	92.164	0.202	489.772	0.00011558 121	0.684	3.484
2	land	87.891	66.453	0.075	415.895	0.00021	0.5	4.763
3	land	57.945	61.777	0.049	316.339	0.00025	0.458	5.075
4	clouds	73.38	79.855	0.005	417.477	0.00015	0.217	6.54
5	clouds +land	85.605	66.24	0.001	504.498	0.00021	0.143	7.179
6	clouds	62.627	86.268	0.033	453.558	0.00013	0.403	5.282
7	clouds +land	64.5	74.835	0.005	394.832	0.00017	0.225	6.51
8	water	58.059	88.606	0.125	389.688	0.00013	0.612	4.031
9	phyto- plankton	59.4	57.638	0.106	152.544	0.0003	0.615	3.915
10	phyto- plankton	46.936	69.26	0.172	289.174	0.00021	0.606	4.038
11	clouds	65.486	95.805	0.082	540.436	0.00011	0.559	4.151
12	clouds	65.766	93.481	0.135	522.388	0.00011	0.59	4.03
13	clouds +water	65.722	83.993	0.105	405.667	0.00014	0.558	4.32
14	clouds +water	66.347	91.251	0.117	507.92	0.00012	0.584	4.083

In Fig. 3a and 3b we can see the texture feature vectors for two of the texture classes: water and land. The figures show difference between the vectors of filtered images and vectors of the raw image.

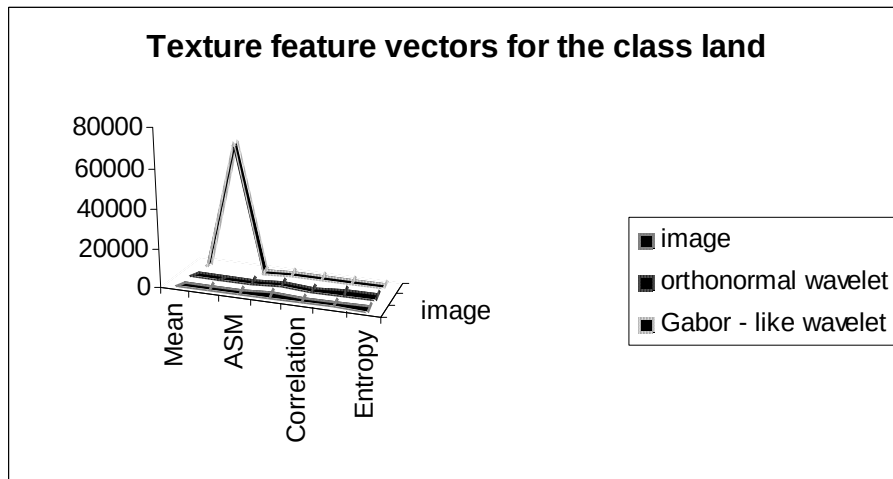


Fig 3a. Texture feature vectors for the raw image and the filtered image of the class land

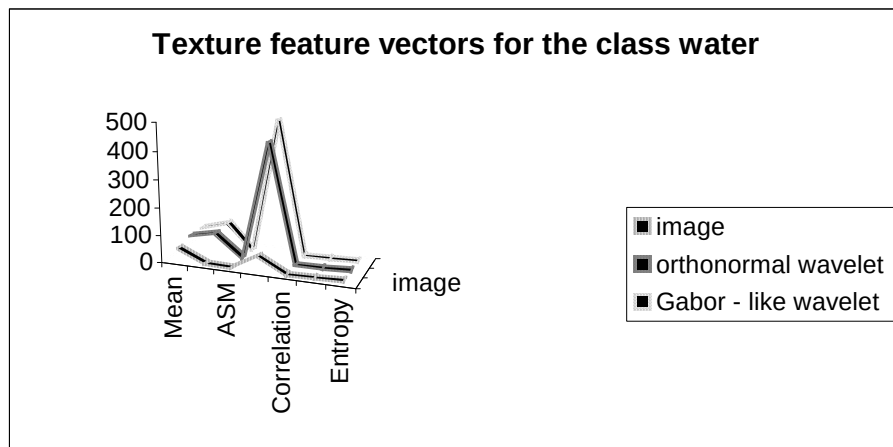


Fig. 3b. Texture feature vectors for the raw image and the filtered image of the class water

Discussion

The implemented experiments illustrate how texture feature vectors can be used for classification and recognition of satellite images. The developed algorithm is suitable for classify and recognize of objects with smooth components. Their texture information is concentrated in the low frequency domain. The built classification model has enough rate for the wanted object recognition correctness of 98%. In the space and frequency domains all of studying texture features have an accurate discrimination for different textures.

Other image analysis and texture analysis (we work with histogram thresholding and Gaussian filtering as a feature enhance techniques) used much more features and calculate operations for the same classification results.

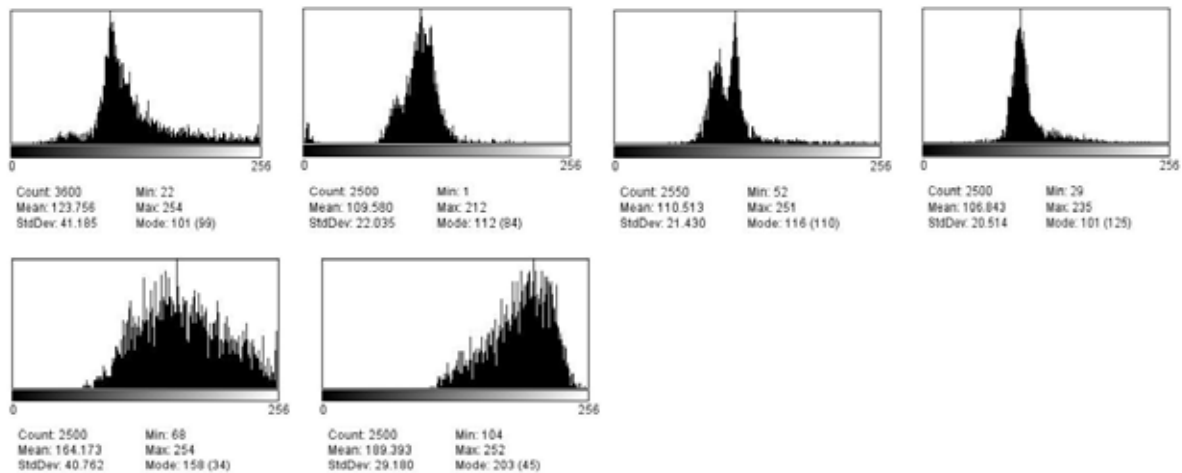


Fig. 4. Histograms of some subimages from texture database: water, land and clouds

The main advantages of our supervised wavelet based technique are the optimal dimension of the feature vectors and accurate discrimination of different textures.

Conclusion

This paper describes satellite image object recognition using texture features. The texture database of satellite image classes is formed and built in the texture classification model. An algorithm for texture object recognition is developed and tested by neural networks. All these image processing and analysis techniques are used texture feature information based on seventh-dimensional feature vectors. The texture features are applied to image regions of interest for recognition an unknown object.

Acknowledgments

The authors would like to thank W. S. Rasband for Images, G. Gaillard, D. Sage, D. Van De Ville, E. Casanova for plugging Fractional Wavelets Transform and Module, J. Cabrera for plugging GLCM Texture.

References:

1. Ojala T., M. Pietikäinen, 2006, Texture classification, Machine Vision and Media Processing Unit, University of Oulu, Finland, <http://www.ee.oulu.fi/research/imag/texture>.
2. Polikar R., 2006, Pattern Recognition. Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, John Wiley & Sons, Inc., pp. 22.
3. Tuceryan M., A. Jain, 1993, Texture analysis, in: Chen C., L. Pau, P. Wang (Eds.), Handbook of pattern recognition and computer vision, World Scientific Publishing, pp. 235-276.
4. Shah S., V. Gandhi, 2004, Image classification based on textural features using artificial neural network (ANN). IE (I) Journal – ET, 84, p. 72-77.
5. Zhang J., T. Tan, 2002, Brief review of invariant texture analysis methods. Patt. Recogn., 35, p. 735-747.
6. Mallat S., 1989, A theory for multiresolution signal decomposition: The Wavelet representation, IEEE Trans. Pattern Analysis & Machine Intell, 11,7, p. 674-693.
7. Turner M., 1986, Texture discrimination by Gabor functions. Biol. Cybern., 55, p. 71-82.
8. Haralick R., K. Shanmugam, I. Dinstein, 1973, Texture parameters for image classification, IEEE Trans. SMC, 3, p. 610-621.
9. NNClass – Neural Network Classification, www.pcigeomatics.com/cgi-bin/bin/pcihlp/NNCLASS.
10. Rasband W., 1997-2007, ImageJ. U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.
11. Unser M., T. Blu, 2000, Fractional splines and wavelets, SIAM Review, 42, 1, p. 43-67.

Session 4

**Ecology
and
Risk Management**

Chairman: Prof. Garo Mardirossian

Secretary: Dipl. Eng. Margarita Chervenyashka

METHODS FOR MONITORING ELECTROMAGNETIC POLLUTION IN THE WESTERN BALKAN ENVIRONMENT

Petar Getsov¹, Dimitar Teodosiev¹, Eugenia Roumenina¹, Michel Israel²,
Garo Mardirossian¹, Georgi Sotirov¹, Bozhidar Srebrov⁶,
Stoyan Velkoski⁵, Peter Gajsek⁴, Dina Simunic³

¹Space Research Institute –Bulgarian Academy of Sciences

²National Center of Public Health Protection – Sofia, Bulgaria

³University of Zagreb – Hrvatska

⁴Institute of Non-Ionizing Radiation (INIS) –Ljubljana, Slovenia

⁵IGAPE – Skopje, Macedonia

⁶Geophysical Institute – Bulgarian Academy of Sciences

e-mail: director@space.bas.bg; roumenina@space.bas.bg; dteod@space.bas.bg;

m.israel@ncphp.government.bg; contact@soncevzrak.com

Key words: electromagnetic pollution, monitoring, human health, EMF

Abstract: During the recent years, in relation with man's continuously changing environment, the problem about the complex monitoring of electromagnetic pollution attracts the increasing attention of both scientists and national authorities. The topicality of the problem lies in the increasing interest towards the local-, regional-, and global-aspect study and control of the augmenting electromagnetic pollution caused primarily by anthropogenic activity. The negative effects of this influence are being felt already, whereas many of the processes are developing quickly and are of irreversible nature. The need of receiving regular and accurate information about the occurring changes in environmental electromagnetic radiation appears.

This report represents a first attempt to create a unified strategy for the West Balkan countries which would provide for effective monitoring of anthropogenic and natural electromagnetic pollution. The possibilities and prerequisites for this are analyzed, paying specific attention to the major methodological problems, measurement programs and algorithms, data base composing, some engineering equipment issues, economic aspects and more.

Introduction

One of factors for energy pollution of environment is an electromagnetic field (EMF). As a result of exceptional wide application of electromagnetic energy in different areas of human activity towards existing sources of natural electric and magnetic field at Earth, atmospheric electricity and galactical and sunny radiation they are added EMF from artificial origin. It is fact that their level in a number of cases considerably exceeds level of EMF from artificial sources. EMF is biological active factor and by that reason fields with artificial origin can be harmful to environment, human health, live organisms and plants. That necessitate as study of different effects from those EMF mainly upon human health as a ways for regulation and control of their level.

In this connection it is necessary to be found decisions of problem for environment pollution from EMF. This problem became undivided part from global ecological problem on Earth.

Monitoring of environment regarding electromagnetic factor put seriously theoretical, technical and organizational tasks and it is connected directly with problems for protection of peoples and environment from unfavorable influence of EMF in wide frequency band from 0 Hz to 300 GHz. At present there is stable tendency in technological and technical improvement of telecommunication means radiating electromagnetic energy and enlarging its number. It is mastered new frequency bands, enlarged net of radio connections (including mobile) and radio transmission. It is grow number of TV transmitters, radio stations and other services for control and communications. Growth of energy potential of technical means became on account reinforcement power of transmitters, enlargement of their concentration on the territory of build-up territories and increasing efficiency of different types transmitted antennas. All that brings to make worse electromagnetic situation in environment.

For importance of problem connected with electromagnetic pollution of environment in its health and ecological aspect it is testify a big number of scientific projects for study influence of EMF upon human health, growth of live organisms and plants. And in normative aspect – strict norms and regulation approved by WHO and the European parliament.

Definition of problem

In connection with measures for protection of population and interest of society to effects of EMF radiation, World Human Organization (WHO) started in 1996 an international project "*Biological Effects of Static and Time-varying Electromagnetic Fields*". Bulgaria is active member of project since 1997 when is founded Bulgarian National Program Committee. Committee activities are connected with protection of population and working peoples from dangerous effects caused by EMF radiation.

To ensure protection of population European Council approved and issued *Recommendation (1999/519/EC)* for limitation submission of population to EMF radiation with frequencies from 0 Hz to 300 GHz, which have to be received like a minimum requirements from all EU member - countries. Every country – member can accept and realize also more strict requirements when it is necessary. Other basic normative document is *Directive 2004/40/EC* for protection of workers issued by the European Council and European parliament with obligation every country member of EU to realize them like minimum requirements not later than 2008.

Influence of low frequency EMF on human health is manifested mainly in:

- Effects upon immunity system;
- Control and regulation cell's growth;
- Effects upon hormonal mechanism in central nerve system and brain;
- Effects upon development of embryo;
- Condition of blood vessels.

Objectives of scientific research

Within the framework of EU program "SEE-ERA.NET" for finance of mutual scientific projects at the Western Balkan countries in environment area team of scientists from Bulgaria, Macedonia, Croatia and Slovenia proposed research project "Development of strategy and methodic for EMP monitoring from natural and anthropogenic sources for Western Balkan area" which was approved and financed by agreement "INTAS Ref. Nr 06 - 10374". Separated members of that team in one or other stage are worked long time for subject-matter [1-16].

Object of project is development of strategy for integrated GIS-based monitoring of electromagnetic pollution on data base received from ground, aerial and orbital based systems. Proposed project will be created new approach giving evaluation for potential influence of electromagnetic pollution (EMP) mainly upon human health and nature on the territory of Western Balkan countries and neighbor countries.

Under monitoring of EMP has to understand system for surveillance and warning of change level and creating critical situations which are harmful and dangerous for human health, flora and fauna.

It has foreseen to be created multitargeted information system, which consists the main three directions:

- ✓ Surveillance of level of electromagnetic radiation giving opportunity to be separated its changes caused by influence of natural and anthropogenic factors;
- ✓ Evaluation of physical condition of natural environment;
- ✓ Forecast of nature condition and evaluation of the same forecast.

That required:

- definition and evaluation of main rulers and factors for risky levels and vulnerability from EMP taking account requirements of an European Union, national legislations and experience, received on bases study definition of problem from participated in working team experts;

- development of dynamic strategy (not only static presentation of EMP data and it's influence), using different sources data for EMP (ground and airspace) and optimal criteria for their collection, processing and connection with data from GIS-base;

- submission of that strategy to users from countries which are potentially already put under EMP influence in order decrease dangerous influence, prevention and more clear information for such kind phenomena and development of more detailed evaluation of that influence.

Approach and main stages for task decision

It is proposed onstage parallel method for realization of study. The task is divided on subtask and there are formed separated teams (groups) for their development:

- Team for analysis, evaluation and proposals concerning synchronization of national legislation in accordance with EU requirements
- Team for analysis and choice of an optimal concerning parameters and number equipment for airspace segment for measurement and control of electromagnetic fields with natural and anthropogenic origin;
- Team for definition of requirements for equipment's specifications, choice of points, cyclogrames of work and data collection during ground electromagnetic measurements in defined points at the territory of participant countries;

- Team for design a model of a Geodatabase for monitoring of electromagnetic pollution;
- Team for organization of two seminars/workshops concerning subject of project.

On fig.1 is shown an outline of the main data sources for GIS-based system, obtained from ground measurement complex, aerial and space based segments. Every one of them consist set of equipment and systems for measurement, provisional processing and transmission of data from EMF measurements on ground surface, in air and in ionosphere plasma on satellite orbits.

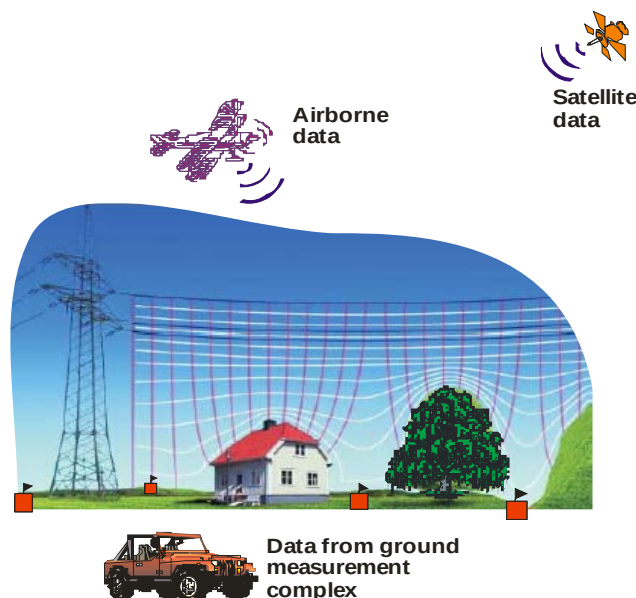


Fig. 1.

Ground measurement complex carries out and collect data from electromagnetic measurements in order characterization, evaluation and analysis of electromagnetic pollution sources at defined territories in participated countries.

Technical specification of ground complex for measurement parameters of natural and anthropogenic electromagnetic field involves three subtasks:

A. *Equipment composition* – selection of equipment for measurement parameters of electromagnetic field according to acting EU standards and norms for measurement parameter, measurement units, dynamic range, measurement accuracy and etc.

B. *Number and configuration of measurement stations* – configuration of structure ground measurement complex (GMC), in principle consisting peripheral measurement posts (PMP) and central post (CP), such as its number and arrangement in investigated area.

C. *Algorithms and cyclogrames of measurements* – synthesis of an optimal algorithms and cyclogrames for measurement and registration of data, guarantied possibly highest efficiency.

Aerial based measurement complex (Aerial segment - AS) for measurement EMF components has aim to provide parallel supporting measurements, offering information mainly for saturation of separate frequency bands of electromagnetic spectrum with electromagnetic radiation. During flight of measurement complex over defined points from territory of built-up areas and out there is integral effect from ground – based sources of electromagnetic radiations and changes of their intensity. The main task of AS is measurements and control of electromagnetic fields with the aid of aerial based means like airplanes, helicopters, balloons and dirigibles. The use of that means provided overcoming of the bigger part from limitations by application of traditional ground based technologies for ecological control. Their advantages are defined from the next circumstances:

- Wider area of monitoring territory;
- Possibility for monitoring of defined regions and objects with determined regularity in different bands of electromagnetic spectrum day and night in different meteorological conditions;
- Possibility for receiving images - maps with high resolution in information capabilities in operational plan.
- Connection of obtained EMF data to geographic coordinates.

Space based measurement complex (Space segment - SS) involves measurement of EMF components from several satellites flying first of all at ionosphere orbits (with heights to ~ 1000 km). Main objective of SS is implementation of observation for ionosphere interferences caused by human activity

(anthropogenic impact). Such kind interferences can exercise influence on environment, weather and climate. It is foreseen use of data from acting orbital satellites with suitable equipment and working cyclograms for study and evaluation of next effects as:

- Evaluation importance of artificial electromagnetic waves in comparison with an artificial;
- Geographical map of intensive radiations;
- Correlation of interferences with industrial areas;
- Geographical map of thunder - storms activity;
- Their correlation with industrial areas;
- Their influence upon global warm;
- Evaluation of interferences in charged particles as result from artificial influences;
- Their relation to influence of thunder-storms.

As an example for that purpose is acting at the moment satellite DEMETER. On his board work also electromagnetic complex *ICE*, one of its additional tasks is connected with problems of "Space weather and the electromagnetic environment of the Earth".

SS can play also essential role during receiving of key information for study influence of human activity upon ionosphere. It is planned to be evaluated artificial emission of ionosphere caused by powerful ground very low frequency (VLF) transmitters and radiation from high voltage power supply net, to be clarify how they influence to natural balance of ionosphere and also to be evaluate how thunders warm ionosphere. However it is planned to be determined location in height so called "height thunders", also called Red Sprite or Blue Jet. It is interesting to be clarifying if global warm can bring to catastrophic growth number of thunders in atmosphere.

Data from correlated measurements of electromagnetic fields components in range from 0 Hz to 300 GHz, with natural and anthropogenic origin in accordance with the diagram shown on fig.1 gives possibility for monitoring realization of electromagnetic fields distribution and their changing in time and space.

Geo base data

Natural condition and exploration level of natural resources defined ecological problem on territory for which has been evaluated electromagnetic pollution. During the recent decade, in the framework of a multidisciplinary project for studying the effects of environmental factors on lung cancer on the territory of the four counties Suffolk, Nassau and Schoharie, State of New York and Tolland (**Long Island Breast Cancer Study Project**) the development of GIS (GIS-Health) for Long Island is included. GIS-H is the first system of its kind using only ground-based measurements, one of whose purposes is to reveal the relationships between EM exposure and lung cancer.

At present project has been provided complex application of information received by ground measurement complex, airspace segment, reserved and institutional databases integrated in united geo base data. It ensures integration and laying one over other all kind of data as the only condition is they to have geospatial character. That allows regularly performing objective control and evaluation of sources and level of electromagnetic pollution at a given territory. Creation of geo base data has been necessary as for integrated management of received attributive information as for visualization, statistical processing and analysis which are accessible only in GIS – environment. By that means will be realized:

- regular expert cartographic analysis of the potential and real threat created by the various sources of electromagnetic pollution;
- model studies, related with the development of criteria and recommendations for reducing the risk of electromagnetic pollution and for the territory's sustainable development;
- express and unbiased control of the electromagnetic pollution reduction measures, applied by the local bodies and the non-government organizations.

Results of project's development

Development of strategy for integrated GIS based monitoring of EMP;

Preparation of project offer for participation in FP7 competition "Monitoring of EMP from natural and anthropogenic sources for Western Balkan area", involved other countries from Western Balkan and EU.

Conduct pilot measurements of EMP on the territory at least two capitals of countries which participated in project.

Comparison of received preliminary experimental results by use of prepared software programs. With the aid of such software is visualized as localization of correspondent source electromagnetic radiation as distribution curves of radiation connected with electromagnetic pollution. One possible for use software product is AldeMap – developed by Italian company Aldena. It is software with GIS - core for localization sources of electromagnetic radiation.

Proposal for creation of the Balkan electromagnetic fields association (BEMFA) on bases of acting in Republic of Bulgaria foundation "Faraday" – non-ionizing radiation and electricity which is main body of Bulgarian National Program Committee for International project „Electromagnetic fields". Synchronization of

efforts for countries taking participation in project for realization policy of EU, WHO and other international organizations as harmonization of standards, introducing new legislation, investigation risk from EMP, such as applying principals of warning approach.

Reference:

1. Caplan L, et al. Breast cancer and electromagnetic fields: A review. *Annals of Epidemiology* 10:31-44, 2000.
2. Davis S, et al. Residential magnetic fields and the risk of breast cancer. *American Journal of Epidemiology* 155:446-54, 2002.
3. Schoenfeld ER et al. Electromagnetic fields and breast cancer on Long Island: A case-control study. *American Journal of Epidemiology* 158:47-58, 2003.
4. Lane D.S, et al. Effectiveness of telephone counseling for mammography: Results from five randomized trials. *Preventive Medicine* 34(1):90-9, January 2002.
5. Israel M., V. Zaryabova. National program for training in risk perception, risk communication and risk management as a policy of precautionary approach, WHO Meeting on EMF Biol. Effect and Standard Harmonization in Asia and Oceania, Seoul, Proceedings, 2001, p. 297.
6. Zaryabova V., M. Israel. A Method for Providing Protection against Electromagnetic Radiation in Balkan Countries, Emerging EMF Technologies, Potential Sensitive Groups and Health, 20-21 April 2006, Graz, Austria
7. Gajsek P., D. Simunic. Possible Non Compliance with the 2004/40/EC Directive, Proceedings of the International Workshop - Electromagnetic Fields in the Workplace, 5-7.September, 2005, Warsaw, Poland
8. Gajsek P.- Numerical Code Validation with Empirical Data - Biological Effects of EMF's, 4th International Workshop, Proceedings, Crete, Greece, 16-20 October 2006, p.1504
9. Gajsek P. EMF legislation in Slovenia. Need for Harmonization, Proceedings from the International Conference on EMF from bioeffects to legislation, 8-9 November 2004
10. Simunic D. Issues in Actual Environment. Occupational Exposure Assessment, Biological Effects of EMF's, 4th International Workshop, Proceedings, Crete, Greece, 16-20 October 2006, p.1503
11. Simunic D., D. Zrno. Analytical method for human exposure assessment to short range devices, Biological Effects of EMF's, 4th International Workshop, Proceedings, Crete, Greece, 16-20 October 2006, p.102-109
12. Teodosiev D., P. Nenovski, P. Hristov, R. Koleva, S. Tzvetkov, J. Vojta, I. Simunek, J. Chum, Monochromatic wave events observed near the magnetopause regions, *Proceedings of Tenth jubilee conference with international participation, Contemporary problems of solar-terrestrial influences*, 20-21 November 2003, Sofia, pp. 37 - 40, 2003.
13. Teodosiev D., P. Nenovski, P. Hristov, R. Koleva, J. Vojta, P. Tiska, J. Chum, I. Shibaev, ULF wave measurements aboard the Magion-4 subsatellite: narrow-band wave events observed in the magnetopause regions, *Planet. Space Sci*, vol.53, No1, pp.317-326, 2005.
14. Getsov P. "Space, Safety, Ecology", monograph, BAS, 2003.
15. Mardirossian G., S. Velkoski, A. Bliznakov. Improvements and Innovations in Registering the Geomagnetic Field Parameters. Annual of the University of Mining and Geology, Sofia, 2003, pp. 373–377.
16. Velkoski S., G. Kotevski, G. Z. Velkoska, G. Mardirosijan: Effect of the electromagnetic radiation on the cell function and protection with BIO-SPH, Varna 2005.

A METHOD FOR PROVIDING PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION IN THE BALKAN COUNTRIES

Michel Israel, Victoria Zaryabova

*National Centre of Public Health Protection,
Sofia, Bulgaria*

Abstract: *In the last decades many new sources of Electromagnetic Radiation (EMR) have been situated in different countries in Balkans. Most of those emitters irradiate high levels of EMR in large distances, often reaching other countries. The need of a good protection against EMR exposure on the environment requires qualitative methods for evaluating the exposure, and for ensuring safety for all regions where EMR is possible to be spread. According to the requirements of WHO, EU, ICNIRP and other international organizations we started to collect database for sources of radiation, to develop programs for risk communication, and to study the problem of "electromagnetic hypersensitivity". In addition, we provoked discussion between the Balkan countries on the risk of EMR, creating working groups, participating in workshops and scientific meetings, starting dialogue on risks with EMR exposure in the region. Before starting a real collaboration the precautionary approach could be used for providing a good protection and safety. It could be applied for areas where people are living or staying for long time or temporarily. A good protection is possible, for instance, by applying zones for different exposures, labeling, caution, and preventive measures. Also special approaches for children, elderly people, sensitive groups, pregnant women, etc. are very positive methods as a part of the precautionary principle, proposed by the World Health Organization.*

Цел и област на приложение

Международният проект на Световната здравна организация „Електромагнитни полета“ постави пред всички участници в него, включително и пред специалистите в България, изисквания както за оценка на рисковете от електромагнитните полета (ЕМП), така и рамка, по която да се работи в това направление. Част от оценката и управлението на риска от ЕМП са програмите за връзки с обществеността, които имат за цел да повлияят на общественото мнение по един от следните три начина:

1. Промяна или неутрализиране на неблагоприятно обществено мнение.
2. Убеждаване на неинформирано или неангажирано обществено мнение.
3. Утвърждаване или запазване на благоприятно обществено мнение.

Целта на тази публикация е да предложи метод за постигане на хармонизация на стандартите за облъчване на човека с ЕМП и по-добра защита на населението. От друга страна, по-адекватна защита от ЕМП може бъде постигната освен чрез сътрудничество на страните-членки на Европейския съюз, така и в отделни региони – например Балканския регион, като част от Европейския континент.

Такъв опит съществува на базата на дейностите на Балканската асоциация по околна среда (B.EN.A). За съжаление, B.EN.A има широки интереси в областта на всички видове замърсяване на околната среда, като електромагнитните полета не са застъпени в нейната дейност.

Поради тази причина страните от балканския регион имат нужда от нов подход за постигане на съгласие в областта на защитата на човека от електромагнитни полета - приоритет на Световната здравна организация по Международния проект.

Методи

Нашето първо и най-важно предложение като методичен подход е да се създаде международна работна група на база Балканските държави като основа за ново международно регионално общество. То може да бъде организирано в сътрудничество със всички специалисти в областта на облъчването, оценката на риска и защитата на човека от ЕМП, които имат интерес към подобно сътрудничество.

Българският национален програмен комитет по Международния проект ЕМП и Фондация «Фарадей» - Нейонизиращи лъчения и електричество, като авторитетни организации в тази област могат да бъдат основен фактор при създаването на това общество (асоциация).

Основни дейности на асоциацията:

- Хармонизация на стандартите във всички Балкански страни на базата на Европейските изисквания и осигуряване на добра защита на населението;
- Организиране на измервания и оценка на експозицията на ЕМП във всички региони, където е възможно трансгранично «замърсяване» с електромагнитни полета;
- Създаване и поддържане на международна база данни за електромагнитното «замърсяване» в «опасни» и «чувствителни» региони. Това да бъде последствано от създаване на специална карта на електромагнитното «амърсяване», включващо всички Балкански страни;
- Организиране на конференции, работни срещи и симпозиуми по различни теми, свързани с проблемите, пораждани от облъчване на човека с електромагнитно лъчение на Балканите;
- Въвеждане на «Предупредителния/превантивния подход», като част от политиката на Световната здравна организация за работна среда и за население, подложено на облъчване с ЕМП;
- И накрая, но не на последно място – колаборация между специалистите по ЕМП на Балканите в областта на измерване, изпитване, оценка на експозицията и риска, биологични ефекти, защита и безопасност.

Първите задължения на тази работна група трябва да бъдат: събиране на бази данни за стационарни източници на електромагнитни полета и създаване на карта на електромагнитното замърсяване във всяка Балканска страна.

Следващата стъпка трябва да бъде сътрудничество по различни проекти за осигуряване на добър мониторинг и анкетни проучвания. Работната група ще колаборира (сътрудничи) за осигуряване на измервания, ползвайки хармонизирани стандартни методи, съответстващи на изискванията за добра лабораторна практика (GLP) и осигуряване на качеството. Тя трябва да работи за създаване на регионални лаборатории за изпитване/калибриране на измервателна апаратура за различни честотни диапазони. Методът за постигане на резултати може да бъде чрез колаборация на работни срещи.

Състоянието на здравето и „електромагнитната свръхчувствителност“ сред населението трябва да бъде изследван във всички страни, използвайки различни методи на сътрудничество, също и чрез прилагане на нашия опит или опита на други Балкански страни.

Организирането на база данни за такива източници на лъчение, също и за оплакванията на населението и наличието на здравни проблеми, свързани с въздействието на ЕМП, трябва да бъдат изследвани посредством събиране на национални бази данни и сравнения по време на дискусии при работни срещи.

Един от методите за по-добро разбиране на рисковете е разпространението на национални програми за комуникация на риска с населението между страните. Преди започване на реална колаборация Предупредителния подход може да бъде използван за осигуряване на по-добра защита и безопасност на населението. Той може да бъде приложен за области, където хората живеят или престояват временно или за продължително време. Например, добра защита е възможна чрез прилагане на зони за различно облъчване, поставяне на предупредителни табели, табели за „Внимание“ и други превантивни мерки. Като част от Предупредителния подход, предложен от СЗО могат да бъдат използвани специални подходи към деца, възрастни хора, бременни жени, и др. „чувствителни“ групи от населението.

Какво е направено на този етап в България?

I. Събиране на данни за реалното състояние на проблема чрез формални методи.

1. Вторичен анализ и он-лайн данни: За да се оцени реалната ситуация, освен данните, събирани от нас чрез измервания, оценка и анализ, в проучването са използвани и данни от „производителите“ на ЕМП: мобилни оператори, електрокомпании, радио и ТВ станции и др.

Същите са прилагани за оценка на хигиенно-защитни зони около самите излъчватели, с цел предварителен контрол на излъчването и оценка на възможното облъчване на населението.

2. Анкети: Данните са събрани на база разговори по конкретни въпроси към части от населението, намиращо се в близост до излъчващите системи или заинтересовано по отношение на облъчването с ЕМП.

II. Събиране на информация за лица, които имат оплаквания от въздействие с ЕМП и анализ на случаите.

Събрана е информация за лица, които се оплакват от различни симптоми и неблагоприятия, свързани с тяхното здраве, когато те ги отнасят към въздействие на различни източници на ЕМП. Най-често тези източници са базови станции за мобилна комуникация, намиращи се в близост до техния дом или трафопостове, вградени в сградите, където те живеят или в близост до тях.

Лицата са подбрани чрез:

❖ пасивно търсене:

- Писма-жалби до различни инстанции, основно до Министерството на здравеопазването;
- Оплаквания по време на извършвани измервания за въвеждане на нови източници в близост до техните жилища.

❖ Активно търсене:

- Персонални контакти:

След проведени конференции, професионални срещи, медийни изяви и др. често граждани са прибягвали до необходимост от контакт със специалистите.

- Ключови фигури, разполагащи с информацията:

Чрез информация, получена от ключови фигури: интервюта, конкретни разговори и въпроси към:

- Мобилните оператори (в България те са четири);
- Министерство на здравеопазването;
- Национален център по опазване на общественото здраве;
- други фирми и организации.

- Фокус-групи и граждански форуми – чрез организиране на:

Колоквиум на тема “Здравен риск във физиотерапевтичната практика”. Колоквиумът се проведе със съдействието и участието на Световната здравна организация и Българския национален програмен комитет по Международен проект “Електромагнитни лъчения”.

Семинар с пресконференция на тема “Мобилната комуникация и здравето на човека – основна грижа на СЗО”. Семинарът се проведе със съдействието и участието на Световната здравна организация и Българския национален програмен комитет по Международен проект “Електромагнитни лъчения”.

- Консултативни комитети и бордове:

Чрез информация в Интернет, издания, брошури, фактически страници и др., публикувани от Световната здравна организация, НАТО и други международни организации. Тук се има предвид и информация, представена по проекта “Електромагнитни полета” на СЗО, както и от Българския национален програмен комитет по ЕМП.

- Информация от специалисти и експерти:

Информацията се възприема чрез данни от отделни експерти, участващи в конференции, конгреси и други научни международни и национални форуми, където се обсъждат подобни проблеми. Същата се обработва и представя по различни начини на населението.

- **Оплаквания от действията на официалните власти:**

Като пример тук представяме информация, която е създавала проблеми при монтиране на излъчващи системи в района на нос “Калиакра” в близост до с. Българево, където преди няколко години населението (по политически причини) спря излъчването на действащи системи SOS за морската флота. Има и други подобни случаи.

- **Анализ на телефонните линии:**

Методът е приложен само в смисъл на “любезно” и професионално изслушване на проблеми на граждани, оплакващи се от източници на ЕМП по телефона. Същите лица са насочвани към съответните административни и др. органи, които могат да решат здравните им и други проблеми.

- **Анализ на пощата:**

Всички писма, жалби, молби, експертни оценки, експертизи, са събирани в бази данни на хартиен и електронен носител. Всяко едно писмо е било обект на сериозен анализ и съответно действие.

➤ **Местни отчети:**

Част от случаите са получавани от местни Регионални инспекции по опазване и контрол на общественото здраве (РИОКОЗ), както и някои са препращани към тях за решаване на местно ниво.

III. Оценка и анализ на реалната ситуация по отношение на електромагнитната експозиция в България.

Представените резултати от ЕМП след оплаквания на граждани показват, че измерените стойности са в съответствие с действащите национални норми. Българските норми са значително по-защитаващи човека от повечето международни стандарти. От друга страна, все повече граждани се оплакват или изискват решения, свързани с преместване на базови станции или прекратяване на монтажа им в населени райони. Интересен факт е, че много често оплакванията се отнасят до антени, които не са регистрирани в базата данни на Министерство на здравеопазването, което показва, че населението има множество методи за получаване на информация. Разбира се, често страховете са с неясен характер или неадекватни, което изисква по-сериозно проучване на възприятието на здравния риск от различни групи от населението. От къде идват страховете? Проблемите с населението могат да бъдат обобщени както следва:

- Объркване и страх от болести и здравни последици;
- Възможни здравни ефекти върху деца;
- Финансово икономически ползи;
- Влияние върху части от населението чрез внушаване на информация, даже при лица които са добре запознати с проблема;
- Недостатъчна информация по отношение на ефектите от ЕМП върху човека;
- Пренебрегване на обществените интереси в райони, където се строят базови станции;
- Нежелание за нарушаване на ландшафта (гледката) от околната среда, особено в красиви природни местности;
- Опасения на хора с хронични заболявания, които могат допълнително да се влошат от електромагнитното въздействие;
- Националното законодателство по отношение на изграждането и монтажа на базовите станции.

IV. Създаване на национална програма за комуникация на риска

Целта на комуникационната програма, която ние разработихме, е свързана със създаването на действаща и ефективна система за връзки с обществеността по проблемите на електромагнитното въздействие и защита. СЗО препоръчва чрез различни методи на комуникация да се постигне резултат, който да доведе до промяна в нагласите на хората, както и на цялостното поведение на обществото по проблемите на електромагнитното въздействие. Това е особено важно в настоящия момент, когато почти всички технологии, които навлизат в живота, са свързани с излъчване на ЕМП. За съжаление, както оценяват СЗО и международните експерти по проблема, тези технологии изпреварват процеса на осигуряване на защита, безопасност и здраве за населението. Точно затова е много важно да се постигне адекватна връзка с обществеността, чрез която населението да получава своевременна информация за научните резултати по въпроса, както и да се събира обратна информация за настроенията при въвеждането на технологиите.

Програмата включва:

1. Привличане на вниманието на различни организации, фирми и ведомства (министерства, комитети и други), на различни части от обществеността (население и работещи), на работодатели и работници, на екологични дружества и формации, както и на специалистите, към проблемите на здравния риск от електромагнитните лъчения.

2. Събиране на информация за отношението на населението към този риск.

По този начин чрез програма и подходи по връзки с обществеността ние считаме, че можем да въведем препоръките на СЗО както по опазване на общественото здраве, така и да подпомогнем фирмите-производители да въвеждат на пазара своите нови технологии, без това да създава здравен риск или други проблеми, свързани с възприятието на риска.

V. Други дейности

1. Научна дейност.

Създаване на база данни, включваща:

- методи за измерване на ЕМП;
- методи за оценка на въздействието от ЕМП;
- създаване на софтуерни продукти, свързани с оценката на риска от ЕМП;

➤ събиране на информация за „електромагнитна свръхчувствителност“ и разработване на програма за управление на проблема.

2. Нормотворческа дейност.

Създаден е проект за нормативен документ, който е в процес на дискусия и приемане.

3. Административни дейности

- намаляване на облъчването с ЕМП чрез контрол на законодателството;
- получаване на информация от мобилните оператори и собствениците на излъчватели на ЕМП, необходима за базата данни;
- осигуряване на възможност и предприемане на действия и контрол на “производителите” на ЕМП (мобилни оператори, радио и ТВ-станции, електропроизводство и т.н.)

4. Организационни дейности

Опитът ни показва, че проблемът за осигуряването на защита на населението от ЕМП не е на нужното ниво в региона на Балканите. Често новите източници не преминават през контрол (измерване или предварителна оценка на хигиенно-защитните зони). Това прави риска, свързан със здравето на човека, до голяма степен неизвестен.

За решаване на този проблем на регионално ниво нашата идея е да се създаде Балканска асоциация по електромагнитни полета (BEMFA) на базата на действащата в Р България Фондация „Фарадей“ - нейонизиращи лъчения и електричество, която е основен орган на Българския национален програмен комитет по Международния проект „Електромагнитни полета“. Фондацията е създадена през 1993 г. и за всичките тези години е спомогнала много за осигуряване на здраве и безопасност, както на работещите, така и на цялото население, намиращо се в условия на облъчване с ЕМП. Тя е изградила своя авторитет, като въвежда политиката на ЕС, СЗО и на други международни организации, като хармонизира стандартите, въвежда новото законодателство, изследва риска от ЕМП, както и прилага принципите на предупредителния подход.

Идеята за създаването на BEMFA сме популяризирали чрез работна група и дискусии на международни научни срещи: в Македония (2003), Гърция (2004), Румъния (2004) и Турция (2004).

В заключение, предложеният метод ще доведе до бързото развитие на науката, новите технологии, до решаването на здравни проблеми и такива, свързани с възприятието на риска от страна на населението в Балканския регион. Това е основа за доближаване на новите страни-членки на ЕС, както и на страните-кандидати за членство, до политиката на Европа и на СЗО по проблемите на защитата на населението от въздействието на ЕМП.

References:

1. Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields, WHO, Department of Protection of the Human Environment, Geneva, 2002.
2. Cutlip, Scott M., H.C. Allen, G.M. Broom, Effective Public Relations, Roi Communication Ltd., 1999.
3. Israel M., V. Zaryabova - National program for training in risk perception, risk communication and risk management as a policy of precautionary approach, WHO Meeting on EMF Biol. Effect and Standard Harmonization in Asia and Oceania, Seoul, Proceedings, 2001, p. 297.
4. Zaryabova V., M. Israel – A Method for Providing Protection against Electromagnetic Radiation in Balkan Countries, Emerging EMF Technologies, Potential Sensitive Groups and Health, 20-21 April 2006, Graz, Austria
5. Israel M., V. Zaryabova, M. Ivanova - Risk evaluation and risk communication to personnel working in open and closed distribution systems, Proceedings of the International Workshop on Electromagnetic Fields in the Workplace, 5-7 September 2005, Warsaw, Poland.
6. Israel M., V. Zaryabova – Cases of Hypersensitivity in Bulgaria. Program for investigation, Workshop Electrical Hypersensitivity, 25-26 October 2004, Prague

ELECTROMAGNETIC FIELDS EFFECT ON BODY- PROVOCATIVE STUDY WITH VOLUNTEERS

Tsvetelina Shalamanova¹, Michel Israel¹, Katya Vangelova¹, Lyubomir Traykov²

¹National Centre of Public Health Protection-NCPHP, Sofia, Bulgaria

²Medical University, Sofia, Bulgaria

Abstract: There are many scientific papers related with possible effects of electromagnetic fields (EMF) on blood pressure and their regulatory mechanisms, but very few are related with radio frequency EMF and human individuals. In this study, we investigated the possible modulating effects of RF EMF at healthy volunteers

The aim of this study is to evaluate the possible health effects on cardiovascular and some endocrinological parameters of the nervous system at different EMF exposure levels close to the Bulgarian national exposure limits.

In our study 18 Male healthy volunteers took part. The investigation is double blind with three sessions of different exposures (two of them with real exposure -10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ and one sham), at 2100 MHz.

We found tendencies of decreasing the systolic blood pressure 20 min after EMF exposure (100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), increasing catecholamines levels 1 hour after the exposure. All other parameters remained without significant changes in comparison with the control. Probably this is related with some changes of blood vessel tonus or autonomic nervous system functioning. Although existing difference between two used exposure levels the results are within physiological normal parameters of regulation. As a whole used frequency and intensities of RF EMF do not induce significant changes in blood pressure, heart rate, catecholamines and glyccorticosteroids levels.

Въведение

Масовото присъствие на източниците, използвани в мобилната комуникация в живота на съвременния човек, постави много въпроси, които се разразиха в дебати в научните среди относно възможните вредни ефекти върху човешкото здраве. Проблемът е широко дискутиран и е приоритет в политиката на Световната здравна организация от самото начало на навлизане на тази технология. Проведените до този момент научни изследвания не дават еднозначен отговор на въпроса дали експозицията от мобилни телефони и базови станции (БС) може да бъде причина за неблагоприятни ефекти върху сърдечносъдовата, централната и вегетативната нервна система, и други системи на организма. Все още не е известна степента на здравния риск, свързан с дълготрайно облъчване от мобилните телефони и техните базови станции. Необходимо е да бъдат проведени повече изследвания за получаване на подробна и научно обоснована информация за евентуалните вредни ефекти, свързани с електромагнитната експозиция от тези източници.

Цел

Целта на настоящото изследване е да се оценят промените на някои показатели на сърдечносъдовата система и промените на биохимични показатели на стреса (адреналин, норадреналин, кортизол), в условия на експозиция от антенна система за мобилна комуникация, излъчваща на честота 2100 MHz.

За целите на „провокативното“ изследване е разработена оригинална постановка за облъчване на доброволци, която осигурява хомогенно ЕМП във всеки пункт на пребиваване на подопитните лица, както и хомогенна среда по отношение на допълнителните фактори, които могат да повлияят на резултатите – микроклимат, други източници на електромагнитни полета (ЕМП), осветление, шум.

Материали и методи

Методът на провокативното изследване се основава на експониране на група здрави доброволци с електромагнитно поле, излъчено от антенна система за мобилна комуникация.

Източникът на ЕМП, който е използван за целите на изследването, е *omni* антена за мобилна комуникация Kathrein тип 741 790. Избраният от нас източник на електромагнитно поле е с кръгова диаграма на излъчване, което гарантира еднакъв коефициент на усилване във всички посоки на пространството и сравнително добра хомогенност на полето в сферични координати. Източникът се захранва от свръхвисокочестотен генератор: СВЧ Генератор - Signal Survey Generator – ST24SV, на фирмата LMW Електроникс.

Антената е монтирана в лабораторно помещение, на стойка с височина $h = 36$ cm, от пода. Размерите на помещението са достатъчно големи, за да има възможност за разположение на доброволците, без да има смущаване на полето както от самите доброволци, така и от странични отразяващи и поглъщащи повърхности и предмети. Разстоянието между антената и подопитните лица е постоянно, в зависимост от необходимостта да се получи "несмутено" поле от самото подопитно лице. Облъчването на доброволците е извършвано сутрин, в едни и същи часове на деня. По време на облъчването доброволците са в седнало положение, като експозицията е върху цялото тяло (целотелесна).

Преди започване на изследването е направен пълен и подробен анализ на електромагнитната обстановка в лабораторното помещение. За целта са извършени измерванията на стойностите на електромагнитното поле в мрежа през 10 cm в хоризонтална и вертикална посока около антената. Измерванията са правени при различни изходящи мощности на генератора в режимите „low power” и „high power”.

По този начин предварително се определя местоположението на доброволците в лабораторното помещение, така че да се получат стойности на полето, с които е планирано да се извърши въздействието.

Схема на облъчване

Всеки участник е експониран еднократно в три 20 минутни сесии, проведени сутрин, в три последователни дни. В две от сесиите участниците са подложени на реална експозиция с ЕМП, с две различни стойности на полето, различаващи се в съотношение 1:10. При третата сесия е приложено т.нар. „мнимо” облъчване (без експозиция с ЕМП), с цел автоконтрола. Последователността на трите сесии е случайна и не е известна на участниците, както и на изследователския екип.

Схемата на облъчване е следната:

I-ва сесия от 20 минути облъчване дневно със стойности на електромагнитното поле:

$S = 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ на мястото на всеки участник.

II сесия от 20 минути облъчване дневно при стойности на електромагнитното поле:

$S = 100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ на мястото на всеки участник.

III сесия от 20 минути без облъчване (мнимо облъчване).

Облъчването се извършва с "безопасни" стойности на плътността на мощност, спрямо националните и европейски здравни норми за електромагнитно въздействие върху населението. В едната сесия, участниците в изследването са експонирани с електромагнитно поле с плътност на мощност $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, което отговаря на гигиенната норма за 24-часово облъчване за население, съгласно наредба № 9/1991 г. Във II-та сесия - с плътност на мощност на електромагнитно поле $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, което е в границите на препоръчаните референтни стойности от Европейската Комисия, както и за много кратък период от време (20 min)

Честотата на излъчване на антената е 2100 MHz, която е носещата честота на новата 3G (UMTS) технология.

Всички обстоятелства, свързани с експозицията, са контролирани непрекъснато по време на изследването. Провокативното изследване е проведено под контрол на специалист с медицинска специалност и координатор по Международен проект на СЗО по проблемите на електромагнитното въздействие.

Физиологични изследвания

A. Артериално налягане, сърдечен ритъм

Показателите на сърдечносъдовата система (систолично и диастолично налягане, пулс) са измервани преди, веднага след прекъсване на облъчването, както и 1 час след всяка сесия на облъчване, като са търсени промените в условията на изследването. Измерването е осъществено с дигитален апарат за кръвно налягане OMRON-MX2, диапазон: налягане: 0 mmHg to 299 mmHg / пулс: 40 - 180/min, неопределеност: налягане: ± 3 mmHg пулс: $\pm 5\%$ от показанията на дисплея).

B. Хормони на стреса

Концентрацията на кортизол в слюнка е проследена преди и 20 min след приключване на всяко въздействие, а екскрецията на адреналин и норадреналин преди и 1 час след проведените въздействия. Пробите за анализ са съхранявани при -20°C до извършване на анализите, като тези за определяне на катехоламини - подкислени с 6N солна киселина до pH 3, преди замразяването им. Кортизолът в слюнка е определен с радиоимунологични китове (Espoo, Финландия) с вътресериен коефициент на вариация 4.8 %, и междусериен коефициент на вариация 7.2 %. Свободният адреналин и норадреналинът са определени спектрофлуориметрично (Вангелова 2000).

Участници в изследването:

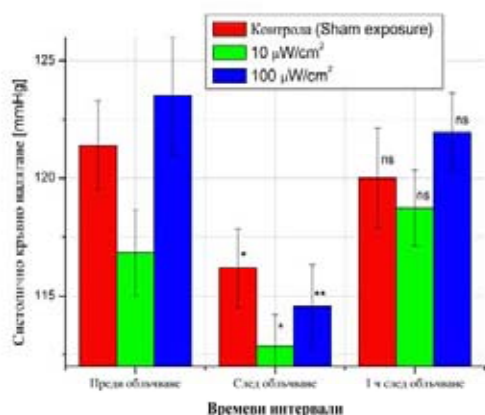
Изследването е одобрено с решение на комисия по етика към НЦООЗ.

Участници в изследването са 18 здрави мъже на възраст между 20 и 35 години.

Резултати и обсъждане

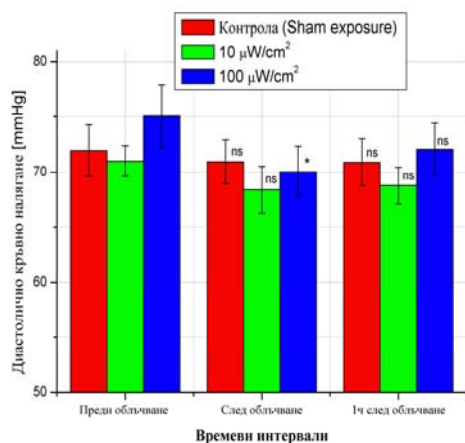
По отношение на изследваните параметри се наблюдават тенденции за намаляване на систоличното кръвно налягане веднага след експозиция, тенденции за увеличаване на концентрациите на адреналин и норадреналин в урината, 1 час след въздействието, но това се забелязва само при сесията с облъчване с $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

На фиг. 1, 2 и 3 са представени стойностите на систоличното и диастоличното артериално налягане, както и стойностите на сърдечния ритъм, съответно преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозицията, и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposure), облъчване с $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, и със $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.



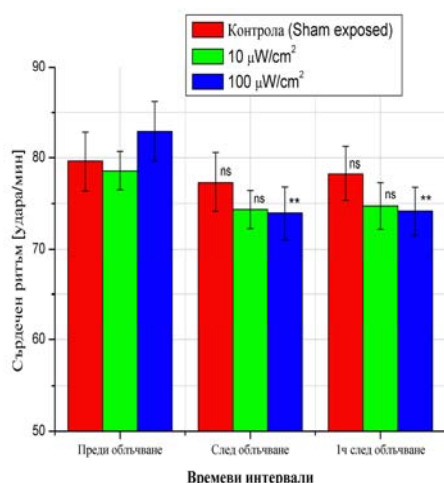
Фиг. 1. Стойности на систоличното артериално налягане преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, и със $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, *-достоверност по Friedman тест $X_R^2 > 8.33$, ** - достоверност по Friedman тест $X_R^2 \gg 8.33$.

Систоличното кръвно налягане е параметър, силно вариращ в зависимост от възрастта, пола и от начина на живот на различните индивиди. В нашето изследване се наблюдава статистически значим спад в стойностите на систоличното кръвно налягане и при трите групи «въздействие» непосредствено след 20 min облъчване с микровълново електромагнитно поле (10 или $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$), или просто престояване на доброволците за 20 min на разстояние 1.65 m от антената при изключено положение на излъчвателя (без експозиция). Спадът, обаче, е значителен статистически спрямо изходните нива при облъчване със $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (Фиг. 1).



Фиг. 2. Стойности на диастоличното артериално налягане преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, и със $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, *-достоверност по Friedman тест $X_R^2 > 8.33$, ** - достоверност по Friedman тест $X_R^2 \gg 8.33$.

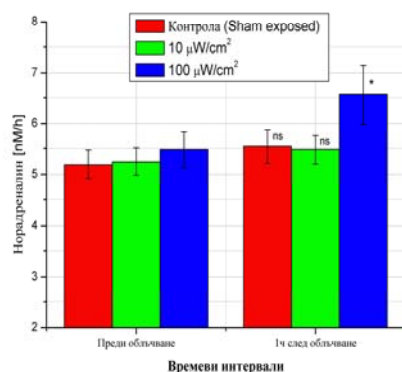
Не може да се говори за статистически достоверни разлики на диастоличното налягане при всички лица в трите сесии на «въздействие» - с $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, с $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ и без облъчване (Фиг. 2).



Фиг. 3. Стойности на сърдечния ритъм преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, и със 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, *-достоверност по Friedman тест $X_R^2 > 8.33$, ** - достоверност по Friedman тест $X_R^2 >> 8.33$

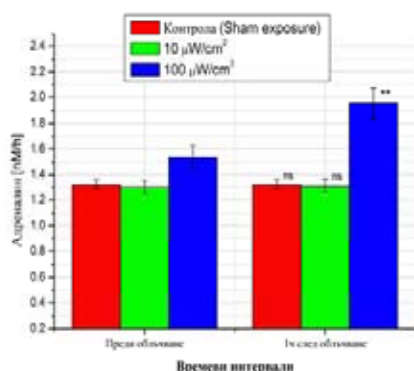
Сърдечният ритъм не показва тенденции за изменение, както и липсват статистически достоверни разлики при всички лица в двете сесии на «въздействие» - с 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ и без облъчване (Фиг.3). При облъчване, обаче, със 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, резултатите показват достоверно изменение както веднага след прекъсване на облъчването, така и до 1 час след това. Измененията са към достоверно намаляване на пулсовата честота.

На фиг. 4, 5 и 6 са представени нивата на концентрации на адреналин и норадреналин в урина, и нивата на концентрации на кортизол в слюнка, съответно преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция, и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposure), облъчване, с 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, и със 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.



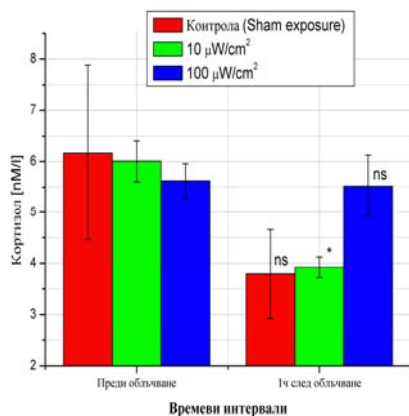
Фиг. 4. Нива на концентрацията на норадреналин в урина, преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, и със 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, *-достоверност по Friedman тест $X_R^2 > 8.33$, ** - достоверност по Friedman тест $X_R^2 >> 8.33$

Норадреналинът се повишава достоверно само при сесията с по-високата стойност на ЕМП - 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.



Фиг. 5. Нива на концентрацията на адреналин в урина, преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, и със 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, *-достоверност по Friedman тест $X_R^2 > 8.33$, ** - достоверност по Friedman тест $X_R^2 >> 8.33$

Адреналинът показва също достоверно повишаване, както и норадреналинът, като статистическата достоверност се установява само при сесията с по-високата стойност на ЕМП - 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.



Фиг. 6. Нива на концентрацията на кортизол в слюнка, преди облъчване с ЕМП с честота 2100 MHz, непосредствено след експозиция и 1 час след прекъсване на облъчването. Сравнени са измененията при сесия без облъчване (Sham exposed), облъчване с 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, и със 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Тук: ns (non significant) - статистически недостоверен резултат, *-достоверност по Friedman тест $\chi^2_R > 8.33$, ** - достоверност по Friedman тест $\chi^2_R >> 8.33$

Нивото на кортизола при сесиите без облъчване и облъчване с 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ следва денонощния ритъм на хормона с по-високи стойности преди и по-ниски след „облъчването“. При експозиция със 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ нивото на кортизола преди и след въздействието не се различава значимо, което означава по-високи стойности на кортизол за съответния период на деня. На Фиг. 6 може да се види, че стойностите на хормона след облъчване със 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ са по-високи в сравнение със тези на сесията без облъчване и облъчване с 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Изводи

Всички изменения на показателите на сърдечно съдовата система, както и на системата за защита на организма от стрес, се отнасят до облъчването с по-високите стойности на плътността на мощността. Промените са в границите на физиологичните норми и не могат да се използват за критерий за неблагоприятно въздействие при тези честоти, още повече, че използваните плътности на мощност са в границите на допустимите. Липсата на значими изменения (само тенденции) при облъчване със стойности до 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ говори за факта, че организмът не реагира по тези показатели на краткотрайно облъчване при подобни интензитети. Функциите на организма, свързани с реакция на системата за защита от стрес и последваща адаптация се установяват при по-високи плътности на мощност, не по-малки от 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, дори при това краткотрайно облъчване.

Добре известна е ролята на катехоламините в сърдечносъдовата заболяемост. Изследвания през последните години доказват връзката между секрецията на кортизол, свързана с ежедневи стрес и редица хемодинамични, метаболитни, ендокринни и антропометрични сърдечносъдови рискови фактори (Chrousos 1998, Rosmond et al. 2000).

В заключение може да се каже, че отговорът на вегетативната нервна система на външни въздействия, надвишаващи нивата на толерантност на организма (или т.нар. стрес), е свързан с увеличаване на кръвното налягане, промени в сърдечния ритъм и на нивата на хормоните от първичната регулация на кръвното налягане, като епинефрин/норепинефрин (адреналин/норадреналин), главно при облъчване със стойности 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Тези резултати съответстват на предишни наши изследвания на въздействието на радиочестотните ЕМП върху концентрацията на стрес хормоните (Vangelova et al. 2001, Israel and Vangelova 2006, Vangelova et al. 2005), въпреки че при тези проучвания става дума за работещи контингенти, облъчвани със значително по-високи стойности на полето.

Данните от настоящето изследване показват наличието на доза-зависими промени в стрес - системата при експозиция на радиочестотни ЕМП, т.е. по-значими при експозиция 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Проведеното провокативно изследване показва, че при краткотрайно облъчване с ЕМП със стойности 10 и 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, не се установяват неблагоприятни промени в показатели на сърдечно съдовата система (кръвно налягане, пулс), както и в хормони, свързани със стреса (адреналин, норадреналин, кортизол). Установените достоверни промени в някои показатели (значими при по-високите стойности на ЕМП) се обясняват с реакции на системи в организма в границите на физиологичните норми и могат да бъдат използвани за оценка на зависимостта „доза – ефект“ при бъдещи по-подробни изследвания.

References:

1. В а н г е л о в а К. Методика за определяне на катехоламините адреналин и норадреналин в урина. Сборник методи за хигиенни изследвания 2000, том II, Раздел "Урина", стр. 2 - 4.
2. И з р а е л М., В. З а р я б о в а, М. И в н а о в а – Възможни здравни рискове при комуникациите в България, Социална медицина, бр. 4, 2003, стр. 4-7.

3. V a n g e l o v a K., M. I s r a e l , S. M i h a y l o v. The effect of low level radiofrequency electromagnetic radiation on the excretion rates of stress hormones during 24-hour shifts. Cent. Eur. J. Publ. Health 2001, 10, No 1-2: 23-27
4. I s r a e l M., K. V a n g e l o v a, D. V e l k o v a, M. I v a n o v a, P. T s c h o b a n o v. Stress hormone reactivity in medical staff exposed to radiofrequency electromagnetic radiation in physiotherapies. In: Biological effects of EMFs. 4th International Workshop Crete, Greece, 16-20 October, 2006. Proceedings. Vol. I: 49-56.
5. V a n g e l o v a K., M. I s r a e l. Variations of melatonin and stress hormones under extended shifts and radiofrequency electromagnetic radiation. Rev. Environ. Health 2005, 20 (2): 151-161.
6. C h r o u s o s GP. The role of stress and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the pathogenesis of metabolic syndrome: neuroendocrine and target tissue-related causes. Intern J Obesity 2000; 24, Suppl. 2: S50-5.
7. R o s m o n d R, M.F. D a l l m a n, P. B j o r n t o r p. Stress-related cortisol secretion in men: Relationships with abdominal obesity and endocrine, metabolic and hemodynamic abnormalities. J Clin Endocrinol Metab 1998; 83: 1853-9.

ДИАПАЗОННИ ОЦЕНКИ ЗА СЪДЪРЖАНИЕТО НА ТОКСИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ В ЛИСИЦАТА (*VULPES VULPES*) ОТ БЪЛГАРИЯ

Милена Господинова, Георги Марков

*Институт по зоология – Българска академия на науките,
e-mail: mgospodinova@zoology.bas.bg
Институт по зоология – Българска академия на науките,
e-mail: zoogeomar@zoology.bas.bg*

Key words: red fox, *Vulpes vulpes*, heavy metals, diapason range valuation, bioaccumulation

Abstract: *The range of the heavy metals' content in the Red fox from Bulgaria has been established. Seven normative groups of the elements with dose dependant toxic effect (Cu, Ni, Zn, Co) and those with highly toxic effect (Cd and Pb) have been deduced; they allow to assess the individual anthropogenic impact of those elements on every single animal in the country. The bio-indicator range characteristics, obtained in this way, represent an initial base when the bio-accumulation of toxic elements in zoo-monitor predators in Bulgaria has to be studied.*

Като вид с висока екологична пластичност и добра приспособимост за живот и намиране на храна в територии под засилен антропогенен натиск, лисицата е определена като подходяща за използване в качеството ѝ на зоомонитор при биомониторинговото проучване на състоянието на природната среда в България (Национална програма за биомониторинг на България, 1990). Изследванията на остатъчните количества тежки метали – първостепенни замърсители на природната среда, във вътрешните органи на лисицата от екосистеми, намиращи се под различно специфично антропогенно въздействие (Марков, Господинова, 1996, 2005, 2006; Господинова, Марков, 2006), потвърждават необходимостта от създаването на система от стандарти за оценка на тяхната биоаккумуляция в този зоомонитор.

Стандартният подход при биомониторинговите изследвания за оценка на антропогенното въздействие върху природната среда се базира върху установяването на средните групови стойности на остатъчните количества на ксенобиотици, изследвани в органи-“мишени” на зоомониторните видове. Този масово прилаган в днешни дни подход на диагностика на състоянието на околната среда и организмите, несъмнено допуска известно опростяване на реалната ситуация като най-вече не се отчита реактивността на отделния организъм и факторите, влияещи върху нея в конкретните екологични условия на местообитанието му.

Алтернативният подход е извеждането на оценъчни еталонни групи, характеризиращи остатъчните количества на ксенобиотици в органи-“мишени” на зоомониторните видове, спрямо които да е възможно да се класифицират индивидуалните характеристики на антропогенно натоварване с тежки метали на отделните индивиди от различни екосистеми.

Приложението на този подход в оценката на зоомониторните характеристики на лисицата определя и целта на настоящето изследване: разработване на оценъчни нормативни групи за остатъчните количества на тежки метали със зависим от дозата им токсичен ефект (Cu, Ni, Zn, Co) и с доказан силен токсичен ефект (Cd и Pb) в бъбреците на лисицата в България, с което да се създаде възможност за класифициране на индивидуалните параметри на антропогенно натоварване с тези елементи на всеки конкретен индивид на вида.

Материал и методи

Средните стойности и стандартните им отклонения на съдържанието на остатъчните количества на изследваните елементи в бъбреците на лисицата в България са оценени на основата на проучването на животни от територии с различна степен на антропогенното повлияване – неповлияна (Национален парк «Рила»), антропогенно повлияна (Природен парк «Витоша») и територия под специфично антропогенно повлияване (агрорегион в Североизточна България) (Марков, Господинова, 2005, 2006; Господинова, Марков, 2006).

За статистическа обработка на аналитичните резултати са използвани стандартни математико-статистически методи (Sneath, Sokal, 1973), използвани в биологичните изследвания.

За определяне на границите на оценъчните групи за натоварването с всеки от проучваните токсични елементи в бъбреците на лисицата е приложен "метода на Мартин"- алгоритъм за определяне на нормативни характеристики при които се определят границите на 7 нормативни групи спрямо средната групова стойност:

- 1-^{ba} гр. - Елементът присъства в силно изразено ниско съдържание
- 2-^{pa} гр. - Елементът присъства в средно изразено ниско съдържание
- 3-^{ta} гр. - Елементът присъства в слабо изразено ниско съдържание
- 4-^{ta} гр. - Елементът присъства в нормално съдържание
- 5-^{ta} гр. - Елементът присъства в слабо изразено високо съдържание
- 6-^{ta} гр. - Елементът присъства в средно изразено високо съдържание
- 7-^{ma} гр. - Елементът присъства в силно изразено високо съдържание.

Резултати и обсъждане

Определени са средните стойности и стандартните им отклонения на остатъчните количества на тежки метали със зависим от дозата им токсичен ефект (Mn, Fe, Cu, Zn) и с доказан силен токсичен ефект (Cd, Pb) в бъбреците на лисицата от България (табл. 1).

На тяхна основа за всеки от проучваните елементи са изработени 7^{те} оценъчни диапазонни групи, спрямо които да могат да бъдат сравнявани индивидуалните характеристики на натоварване на всеки изследван индивид, реализирано при конкретните екологични условия на неговото местообитание. (табл. 1).

В зависимост от установените индивидуални концентрации на изследваните елементи, всеки индивид на вида може да бъде оценен и причислен към някоя от категориите: "под нормата", "в нормата" или "над нормата" по отношение на съдържанието на токсичния елемент във вътрешния орган -"мишена".

Таблица 1. Средни стойности (X_{cp}) на аналитичните концентрации (mg/kg въздушно суха тъкан), стандартното им отклонение (SD) и нормативни групи за съдържанието на тежки метали в бъбреците на лисицата от България

Елемент	нормативни групи за съдържанието на елемента		Елемент	нормативни групи за съдържанието на елемента	
	норм. групи	съдържание на елемента (mg/kg въздушно суха тъкан)		норм. групи	съдържание на елемента (mg/kg въздушно суха тъкан)
Mn $X_{cp} = 0.4377$ $SD = 0.1537$	1- ^{ba} гр. 2- ^{pa} гр. 3- ^{ta} гр. 4- ^{ta} гр. 5- ^{ta} гр. 6- ^{ta} гр. 7- ^{ma} гр.	под 0,1303 от 0,1303 до 0,2840 от 0,2840 до 0,3608 от 0,3608 до 0,5146 от 0,5146 до 0,5914 от 0,5914 до 0,7451 над 0,7451	Fe $X_{cp} = 31.4780$ $SD = 12.0975$	1- ^{ba} гр. 2- ^{pa} гр. 3- ^{ta} гр. 4- ^{ta} гр. 5- ^{ta} гр. 6- ^{ta} гр. 7- ^{ma} гр.	под 7,2830 от 7,2830 до 19,3805 от 19,3805 до 25,4293 от 25,4293 до 37,5267 от 37,5267 до 43,5755 от 43,5755 до 55,6730 над 55,6730
Cu $X_{cp} = 1.7223$ $SD = 0.2834$	1- ^{ba} гр. 2- ^{pa} гр. 3- ^{ta} гр. 4- ^{ta} гр. 5- ^{ta} гр. 6- ^{ta} гр. 7- ^{ma} гр.	под 1,1555 от 1,1555 до 1,4389 от 1,4389 до 1,5806 от 1,5806 до 1,8640 от 1,8640 до 2,0057 от 2,0057 до 2,2891 над 2,2891	Zn $X_{cp} = 9.1043$ $SD = 2.3907$	1- ^{ba} гр. 2- ^{pa} гр. 3- ^{ta} гр. 4- ^{ta} гр. 5- ^{ta} гр. 6- ^{ta} гр. 7- ^{ma} гр.	под 4,3229 от 4,3229 до 6,7136 от 6,7136 до 7,9089 от 7,9089 до 10,2997 от 10,2997 до 11,4950 от 11,4950 до 13,8857 над 13,8857
Pb $X_{cp} = 0.5376$ $SD = 0.2270$	1- ^{ba} гр. 2- ^{pa} гр. 3- ^{ta} гр. 4- ^{ta} гр. 5- ^{ta} гр. 6- ^{ta} гр. 7- ^{ma} гр.	под 0,0836 от 0,0836 до 0,3106 от 0,3106 до 0,4241 от 0,4241 до 0,6511 от 0,6511 до 0,7646 от 0,7646 до 0,9916 над 0,9916	Cd $X_{cp} = 0.2207$ $SD = 0.1620$	1- ^{ba} гр. 2- ^{pa} гр. 3- ^{ta} гр. 4- ^{ta} гр. 5- ^{ta} гр. 6- ^{ta} гр. 7- ^{ma} гр.	под 0,0587 от 0,0587 до 0,1397 от 0,1397 до 0,3017 от 0,3017 до 0,3827 от 0,3827 до 0,5447 над 0,5447

Изработените средни популационни стойности и оценъчните диапазони за съдържанието на токсични елементи в бъбреците на лисицата, разширяват познанията за вида в качеството му на зоомонитор са състоянието на околната среда. Те дават възможност за индивидуална характеристика и оценка на степента на въздействие в резултат на засилваща се урбанизация или специфично промишлено антропогенно повлияване върху всеки отделен екземпляр на вида.

Създадената възможност за сравнителна оценка на натрупването на изследваните елементи, чието повишено съдържание би довело до тежки физиологични поражения, в това число и в човека като крайно звено в редица хранителни пирамиди, подпомага извършването на системен биомониторинг на състоянието на урбанизираната среда както в регионален, така и в европейски мащаб.

Благодарност. Настоящото изследване е подпомогнато от Фонд “Научни изследвания” към МОН, финансирал проект Б-1506/05.

Литература

1. Г о с п о д и н о в а М., Г. М а р к о в. 2006, Биоаккумуляция на тежки метали в лисицата (*Vulpes vulpes* L.) - зоомониторен вид за оценка състоянието на природната среда в ПП “Витоша”. Екологично инженерство и опазване на околната среда 1: 31-36. ISSN: 1311-8668.
2. М а р к о в Г., М. Г о с п о д и н о в а , Г. Г р и г о р о в . 1996, Лисицата (*Vulpes vulpes* L.) в България - биоиндикаторен вид за токсични замърсители в природната среда. В: Сборник доклади Втора балканска научна конференция по проучване, опазване и използване на горските ресурси. България, София., с. 175-179.
3. М а р к о в Г., М. Г о с п о д и н о в а. 2006, Червената лисица (*Vulpes vulpes*) - кумулативен биоиндикатор на тежки метали в НП “Рила” В: Сборник научни трудове Природни науки, Биология, Университетско издателство “Епископ Константин Преславски”. Шумен, vol. XVI B4, с. 185-192. ISSN: 1311-834X.
4. М а р к о в Г., М. Г о с п о д и н о в а. 2006, Червената лисица (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758) – биоиндикатор за екологичното състояние на агроecosистеми. Във: Втора научна конференция с международно участие “Космос, екология, сигурност”, 14-16 юни, Варна 2006.
5. Национална програма за биомониторинг на България, 1990, [Ред. Д. Пеев, Св. Герасимов], “Гея Либрис”, София, с. 240.
6. S n e a t h P., R. S o k a l . 1973, Numerical taxonomy. H. Freeman and Co. San Francisco.

БИОАКУМУЛАЦИЯ НА ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ В ОБИКНОВЕНАТА ПОЛЕВКА (*MICROTUS ARVALIS*) - ЗООМОНИТОРЕН ВИД ЗА ОЦЕНКА СЪСТОЯНИЕТО НА ОКОЛНАТА СРЕДА В АГРОЕКОСИСТЕМИ

Георги Марков¹, Иванка Атанасова², Милена Господинова¹, Ивайло Райков²

¹Институт по зоология – Българска академия на науките

²Шуменски университет, Факултет по природни науки

e-mail: zoogeomar@zoology.bas.bg; atanasova_ivanka@abv.bg; mgospodinova@zoology.bas.bg

Key words: xenobiotics, heavy metals, common vole, *Microtus arvalis*, agricultural ecosystems

Abstract: The content of xenobiotics in the common vole (*Microtus arvalis*) as zoo-monitor species, inhabiting agricultural ecosystems has been found. Heavy metals with proven highly toxic effect of living organisms (Cd, Pb) and such with concentration dependant toxic effect (Cu, Ni, Zn, Co) have been analyzed. The obtained values revealed the specific features of the vole's intoxication by these natural pollutants. The necessity of regular observations on the bio-accumulation of toxic metals in wild animals inhabiting the agricultural ecosystems in Bulgaria has been emphasized.

Пътищата на замърсяване на агроecosистемите в следствие на антропогенната дейност са твърде разнообразни. Постъпването в тях на голямо количество вредни вещества от промишленото производство, транспорта и приложението на химически продукти в селското стопанство може да доведе до трайното им изменение. Значителен дял в замърсяването на почвените хоризонти в агроecosистемите с едни от приоритетните замърсители на природната среда – тежките метали, се дължи на внасянето в тях на изкуствени торове и инсектициди. В редица случаи при тяхното производство не се осъществява пълноценното им пречистване от съдържащите се в изходните суровини тежки метали и заедно с основния продукт те постъпват в агроecosистемите. Така се създава възможност за натрупването им във всички нива от хранителните вериги в тези ecosистеми.

Включването в хранителните вериги на тези приоритетни природни замърсители и възможността за преминаването им през хранителната пирамида в агроecosистемата, създават реална опасност не само за животинските консуматори в тях, но и за човека. Тази опасност налага необходимостта от сбор на информация за нейното екологично състояние, което от своя страна предопределя и необходимостта от провеждането в агроecosистемите на еколого-аналитичния мониторинг на природната среда при използване оценката на остатъчни количества от ксенобиотици, намиращи се в “органи-мишени” на представители на животинската им компонента.

Използването на бозайниците, като зоомонитори, характеризиращи евентуалните отклонения от нормалното състояние на геохимичната среда в природните ecosистеми се обуславя от тяхната относително висока чувствителност към различните антропогенни замърсители и съществената им роля като консументи в тези ecosистеми. При този подход на биомониторинг, установяването на остатъчните количества на съдържанието и разпределението на специфични замърсители с антропогенен произход като тежките метали в животински организми, които са с изявена чувствителност към промяната на количественото съдържание на ксенобиотици, е съществен етап от цялостната оценка на екологичното състояние на средата, в която те обитават.

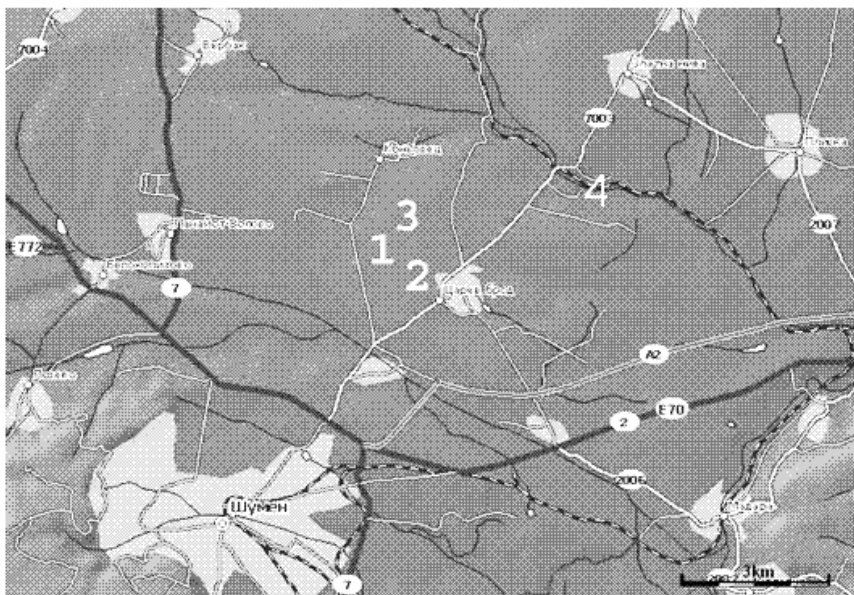
Съдържанието на химическите вещества, и особено на тежките метали, в различните тъкани и органи на гризачите е твърде показателно за качеството на природната среда в ecosистемите, които те обитават. То е възприето като един от високо информативните показатели, отразяващи нейната промяна в редица европейски страни. Също така е прието и като неотменна част при извършването на биомониторинг с оглед анализ на качеството на природната среда в България (Национална програма за биомониторинг на България, 1990).

Отчитайки значението на установяването на съдържанието и разпределението на аналитичните концентрации на токсични елементи метали в “органи-мишени” в организма на зоомонитори – дребни гризачи, постоянни обитатели на агрорегионите и създаването на система от еталони и стандарти за оценка на негативните изменения в тях, целта на изследването е оценка на регионалните особености на съдържанието на тежки метали със зависим от концентрацията им токсичен ефект – Zn, Cu, Ni и Co, и с доказан силен токсичен ефект върху организмите – Pb и Cd, в

“органи-мишени” на обикновената полевка (*Microtus arvalis*), обитаваща агрорегион в Североизточна България.

Материал и методи

Сравнителната оценка на биоаккумуляцията на съдържанието на изследваните метали в бъбреците и черния дроб на обикновената полевка (*M. arvalis*), е извършено при условията ѝ на обитание на територия, намираща се в агрорегион в Шуменска област в близост до селата Царев Брод и Златна нива. (Фиг. 1). В тази територия са обособени четири основни месотообитания на представителите на дребната бозайна фауна, в агроекорегионите в Североизточна България: (1) обработваема площ засята с пшеничен или царевичен посев; (2) обработваема площ, засята с многогодишна култура – люцерна; (3) необработваема площ със запазен степоподобен характер на растителността в него и (4) горски полезащитен пояс.



Фиг. 1. Схема на разположението на основните биотопи на дребни бозайници в изследвания агрорегион в Шуменска област: 1-полезащитен пояс; 2-житни посеви; 3-люцерна; 4-необработваема площ, със запазен степен характер на растителната покривка

Проучена е група от 10 индивида от възрастни екземпляри на обикновената полевка от биотопа – люцерна.

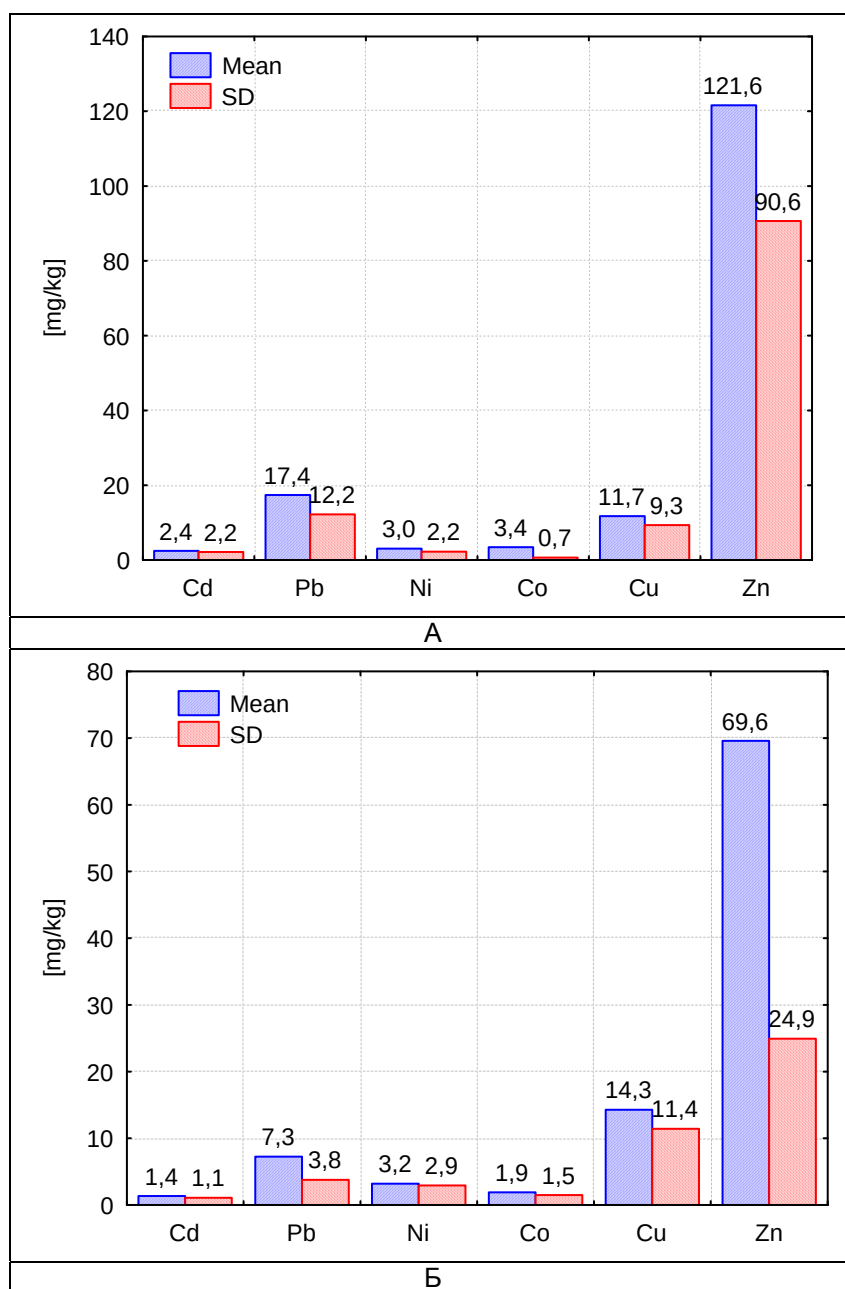
След отпрепарирането на тъканни проби от бъбреците и черния дроб на всеки изследван индивид, в лабораторни условия е приложена тяхната обработка в стандартния вид (Хавезов, Цалев, 1980), за приготвяне на биологични проби за атомно абсорбционен анализ на химически елементи в тях. След стандартизирането на получените минерализирани проби от бъбречна и чернодробна тъкан от всеки екземпляр, те са подложени на атомно-абсорбционен анализ (Sawicka-Kapusta, 1979) за установяване на съдържанието в тях изследваните тежки метали.

За статистическа обработка на аналитичните резултати са използвани стандартни математико-статистически методи (Sneath, Sokal, 1973), използвани в биологичните изследвания.

Резултати и обсъждане

Характерно за всички измерени концентрации на изследваните елементи и в двата проучвани органа на обикновената полевка, е сравнително високата им абсолютна изменчивост, обусловена от

сравнително високите разлики на индивидуалните концентрации на тези елементи в някои отделни екземпляри Фиг. 2.



Фиг. 2. Средни стойности (Mean) и стандартното им отклонение (SD) на съдържанието на тежки метали със зависим от концентрацията им токсичен ефект – Zn, Cu, Ni и Co и със силен токсичен ефект върху организмите – Pb и Cd, в бъбреците (А) и в черния дроб (Б) на зооиндикатора обикновена полевка (*Microtus arvalis*), обитаваща агрорегион в Североизточна България

Резултатите от сравнителния анализ (ANOVA) на аналитичните концентрации на проучваните ксенобиотици в зоомонитора, показват един и същи порядък на биоаккумуляция в двата органа “мишени”. Точковата оценка на средните им стойности изявява определена тенденция за по-високо съдържание, както на тежки метали със зависим от концентрацията им токсичен ефект – Zn, Cu и Co, така и на тези с доказан силен токсичен ефект върху организмите – Pb и Cd, в бъбреците, но те остават в сравнително широкия общ диапазон на установения доверителен интервал, обусловен от сравнително високите разлики на индивидуалните концентрации на тези елементи в някои отделни екземпляри.

Дори само установеното наличие на силно токсичните метали олово и кадмий в съвсем не ниски концентрации в бъбреците и черния дроб на обикновената полевка, обитаваща в агрорегион в Североизточна България показва, че са необходими системни наблюдения за оценката и прогнозата на тяхната акумулация в свободно живеещите животни в тези агроекосистеми, защото установяването дори и на следи от тях (Kabata-Pendidas, Pendidas, 1979; Lucy, Venugopal, 1986), в органите на животинските видове се приема за следствие на антропогенно замърсяване на околната среда (Sawicka-Kapusta, 1979). Същевременно получените резултати за съдържанието на останалите химични елементи със зависим от концентрацията им токсичен ефект, отразяващи специфичните им концентрации в жизнено важни органи на обикновена полевка, при средата им на местообитание в агрорегиони, разкриват възможност за използването на този вид като зоомонитор на състоянието на околната среда в агроекосистемите както в регионален, така и в европейски мащаб.

Благодарност. Настоящото изследване е подпомогнато от Фонд "Научни изследвания" към МОН, финансирал проект Б-1513/05.

Литература

1. Национална програма за биомониторинг на България. 1990. [Ред. Д. Пеев, Св. Герасимов], "Гея Либрис", София, с. 240.
2. Хавезов И., Д. Цалев. 1980. Атомно-абсорбционен анализ, Наука и изкуство. София, с. 188.
3. Kabata-Pendidas A., H. Pendidas. 1979. Pierwiastki sladowe w srodowisku biologicznym. Warszawa. W-wo Geolo., 225.
4. Lucy T., B. Venugopal. 1986 Metal toxicity in mammals. I.- In: Physiol. and Chem. basis for metal Toxicity. New York - London, Pl. Press. 238.
5. Sawicka-Kapusta K. 1979. Roe deer antlers as bioindicators of enviromental polution in Southern Poland. - Enviromental polution, International Journal, 283-293.
6. Sneath P., R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy. H. Freeman and Co. San Francisco.

METHODOLOGY OF THE TEMPLATES DEVELOPMENT FOR A JOINT RESEARCH CENTRE TENDER TO BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Boyko Rangelov¹, Dragomir Gospodinov¹, Stefan Sheer², Elisabeth Krausman²,
Georgi Alexiev³, Mariana Nikolova³

¹Geophysical Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²Joint Research Centre, Ispra, 21020, Varese, Italy

³Institute of Geography– Bulgarian Academy of Sciences

e-mail: boyko.rangelov@geophys.bas.bg; brangelov@gmail.com

Key words: *Templates, natural hazards, measures/practices, risk reduction.*

Abstract: *The survey presents the results of the creation and development of the templates consisting of measures and practices of the risk reduction. These templates present the synthesized expert knowledge about the risk reduction measures and practices used in different countries. The target is to display in front of the public the efficient actions of the societies about the natural hazards risk prevention and mitigation.*

General considerations

The JRC tender about the natural hazards measures and practices for the reduction of the negative natural hazards effects was announced as a practice supporting the NEDIES hyperbase of data and information. Following the international cooperation and experience of the Japanese developed measures, the JRC action is focused more on the EU members and the new member states.

The suggested templates went through the clarification process improving their formulated topics and content. Finally the expert decision was adopted to have separate templates about the interested natural hazards (earthquakes, landslides, floods and storms) and the implemented measures and practices for the decrease of the negative effects.

In the first general template (Hazard Template) several main topics are included:

- hazard name,
- impact elements (impact mechanism, impact effects),
- hazard measuring scales (units, ranges of impacts),
- destructive potential,
- time duration,
- impact area,
- potential of secondary negative impacts (types of secondary negative effects, potential of generating NATECH – natural hazards triggering technological)
- most important web sites containing the respective most essential information

The specific measures and practices template considers:

- the data and information about the type of the measure, description
- the source of information
- the positive and possible negative effects
- the availability and applicability of the measure/practice
- the technical specifications and implementation – know-how, prerequisites, costs, NATECH possibilities, cost/benefit ratio, etc.
- case studies
- the target groups (end-users)
- experts opinions and publications
- future development and international perspectives

The fulfilment is done by the experts in the different hazards fields. Both parts consist of tables, templates, explanatory texts, illustrations. The web based platforms including similar and/or more detailed information are incorporated at the respective positions on the template.

The templates information can be used by the decision makers, Civil Defence managers, local and governmental authorities in EU and world wide.

Examples

The each hazard template was developed focusing on the specific elements to the respective disaster. The text is like an explanatory note and considers the most important elements of the hazard. The template itself consists of synthesized information given at the explanatory text. Each considered hazard (they are four – earthquakes, floods, landslides and storms) has the same structure: Hazard part (text and template itself) and Measures/practices part (again constructed by the explanation text and templates themselves)

Below several examples of different hazards and measures/practices are presented as examples. The selection of the examples is made on the occasional principle and no specific requirements are considered. The measures/practices could be more instructive as well as more technical. This depends of the measure itself. Some of the measures present more graphical, others – more textual material. The grouping of the different parts in the templates is made on the principle of easy acceptance of the data by the end user. Some of the templates are constructed and fulfilled in the way permitting collection of similar data and information about the direct implementation and use.

This approach permits the easy information use by the implementing bodies, end users and application bodies as well as by the consultants and decision makers. The case studies presented show the internationally recognized recent practices/measures and their detail description and application. The references usually present the methodological parts as well as some case studies with the fundamental improvements.

Conclusion

The developed templates are the first step to the creation of a data and information hyperbase of the synthesized knowledge about the natural hazards and measures against their negative impacts. Some of the practices have more theoretical background, some measures – more technical and practical direction. The general idea is to perform fast and effective tool for information search about the preliminary orientation of the end users and in depth study, if some of them need to go deeper to the implementation practice.

The template of the seismic hazard example

SEISMIC HAZARD TEMPLATE	
1. Hazard Name	Seismic (earthquake)
2. The impact elements	Shaking (Vibrations), ruptures, liquefaction etc.
2a. Impact mechanism	P (primary), S (secondary) and (surface-L, R) seismic waves propagation - see explanatory text)
2b. Impact effects	Damages and collapse of building constructions, infrastructure elements - bridges, railways etc.; cut-offs of life-lines, breaking of water and power supplies, casualties etc.
3. Hazard Measuring Scales	Magnitude (Richter), Intensity (EMS-European), MSK (former East European countries and USSR), MM(US), Omory (Japan), etc.), Acceleration - see explanatory text
3a. Units	degrees (for intensity); m/s ² (for acceleration); magnitude scale is dimensionless
3b. Hazardous Ranges of the Impacts	Intensity more than: V-VI(EMS)-light damages; VII-VIII - average damages; more than IX(EMS)-heavy damages. Acceleration: 0.05-0.1-light damages; 0.1-0.15-average damages, more then 0.15 - heavy damages. The magnitude scale is dimensionless.
4. Destructive potential – (low, medium, high)	Could be low-medium-high depending on the magnitude and on the hypocenter depth
5. Time duration (in min)	10*0-10*1 - depending on the magnitude of the strong seismic event
6. Impact Area (in km²)	10*1-10*5 - depending on the magnitude
7. Potential of Secondary Negative Impacts	Yes
7a. Types of secondary effects	Aftershocks, Tsunamis, Landslides, Rockfalls, Avalanches, Liquefaction, Earth cracks.
7b. Potential to generate NATECH	Depends on the power of the earthquake, on the generated secondary effects and on the affected facilities. They could be: Contamination after destruction of specific industrial units, cut-offs of gas and oil pipe-lines; fires (blasts); floods etc.

The seismic zonation template example

Seismic zonation template	
A. Descriptive Part	
1. Title of measure	Seismic zonation
2. Type of measure	Preventive measure
3. Reference to hazard	Earthquake (Seismic)
4. Description	Mapping of the potentially dangerous seismic effects concerning Mmax, recurrence periods, geometry and location of the source zones, etc. The output is a map of the expected seismic acceleration (intensity) for a certain time period (see the text).

B. Technical Part	
1. Compiler	
1.1 Name & Organization	BAS, Boyko Rangelov, GFI
1.2 Contact coordinates	boyko.rangelov@geophys.bas.bg
2. Availability	
2.1 Copyrights & ownerships	Internationally recognized practice, [GSHAP Project (Global), EMSH Map (Europe and the Mediterranean)] - Regional - http://wija.ija.csic.es/gt/earthquakes/
2.2 Costs [EURO]	100, IASPEI manual, http://www.gfz-potsdam.de/bib/nmsop_formular.html
2.3 Publications	[1], [2]*
2.4 Reference case studies	A regional example - Europe-Mediterranean region - seismic hazard map, http://wija.ija.csic.es/gt/earthquakes/ , for local applications and examples - Romania [4]* - seismic hazard map (http://www.infp.ro/images/Fig5.gif), Greece - seismic hazard map - http://www.itsak.gr/englishstart.htm etc.
2.5 Future Development & Research	development of new methodologies about the megacities- http://www-megacities.physik.uni-karlsruhe.de/www-mega/div_index.php , incorporation of the new data about the risk reduction- http://www.emsc-csem.org/Html/JSOP_main.html etc.
3. Applicability	
3.1 Costs [EURO]	10*4-10*5
3.2 Know-how [needed]	Yes - the measure needs special knowledge
3.3 Training	Yes - the institutions, which put the measure into practice, must be trained
3.4 Context [when and where to use it]	In seismic prone areas on regional or local level
3.5 Side effects [undesired ...]	only positive effects are; undesired effects are not observed and expected
3.6 Case studies [whether is already installed/tested]	Europe, Mediterranean Region - http://wija.ija.csic.es/gt/earthquakes/ , Bulgaria, Italy - http://gndt.ingv.it/SAVE/SAVE_english_finale
3.7 Expert reports	For example - [3]*
4. Usability	
4.1 Effects Obtained	seismic hazard mitigation, appropriate land use planning, population and infrastructure protection
4.2 End users & target groups	Civil Defence, decision makers, building constructors and designers, official authorities, land use planners, population
4.3 Efficiency (cost/means ratio)	high - 1:10-1:10*3
4.4 Links to other measures	seismic microzonation, vulnerability and risk assessment, secondary effects assessment, population protection
4.5 Renewal & Revision Periods	Usually every 10-15 years
4.6 International perspective	Yes-large, to avoid discrepancies on the countries border regions
5. Implementation	
5.1 Technical prerequisites	It is strongly required to have data about seismic sources, seismotectonics, earthquake recurrence data, cadastre information. Specific software, etc.
5.2 Time [needed]	Months
5.3 Training	Yes - for the implementing organizations
5.4 Human resources [needed]	10-12 manmonths, if all the seismological and geology data is collected and processed
5.5 Performing body	Scientific institutions, laboratories, more rarely - private companies
5.6 Description of technical implementation	Mapping of expected ground acceleration (seismic intensity) and layering the obtained maps to different GIS layers, etc., Rules and codes for building designers (For the EUROCODE8 the reference time periods are 475 and 50 years respectively)
* [1] D. Giardini, M.-J. Jiménez and G. Grunthal, 2003, The ESC-SESAME Unified Hazard Model for the European-Mediterranean Region, EMSC/CSEM Newsletter, 19, 2-4.; [2] McGuire R., 1993, Computat. of seismic hazard., Ann. di Geofis., 36, p.153-168.; [3]. Giardini, M.-J. Jiménez and G. Grunthal, 2001., Unified seismic hazard modeling throughout the Mediterranean region, Boll. Geof. Teor. Appl., 42, 3-18,	

The landslides hazard template example

LANDSLIDES	
1. Hazard Name	Landslides - gravitational hazard (includes dry (rockfalls) and wet (mudflows) slides, demolitions, sinking of terrains, subsidence, etc.)
2. The impact elements	Transformations of the slopes, fissures, collapses, swamping etc.
2a. Impact mechanism	Mass movements of rock and soil formations
2b. Impact effects	Fission of the earth's surface, destruction of the infrastructure connections, etc
3. Hazard Measuring Scales	No unified scale – area, volumes and velocity of the movements are frequent in use
3a. Units	km ² (about area coverage); m ³ (about mass moved)
3b. Hazardous Ranges of the Impacts	Light to heavy damages

4. Destructive potential – (low, medium, high)	Low-medium-high - depending on the area, volume, velocity intensity (magnitude) of the event
5. Time duration (in min)	1 - 1500
6. Impact Area (in m2)	10^1 - 10^5
7. Potential of Secondary Negative Impacts	Yes – strong
7a. Types of secondary effects	Slope formations movements, terrain falls, lowering of terrains, rock accumulations, swamping, peat-bog formations
7b. Potential to generate NATECH	Destruction of residential and industrial buildings, cultural and historical monuments etc.; cut-offs of roads and railways nets, water supply and sewer pipes, gas and oil pipes, electricity networks etc; human casualties and social tension, breaking of the foods, medications and water supply; environmental damages – water and soil pollutions, fires.

The measure of slopes stabilization template example

SLOPE STABILIZATION MEASURE	
A. Descriptive Part	
1. Title of measure	Slope stabilization
2. Type of measure	Preventive and protective practice
3. Reference to hazard	Landslide hazard
4. Description	Engineering-technical actions, hydrologic and hydrotechnical draining of surface and underground waters, building of barrages, anchors and supporting walls; Application of nets, cells, pilots and micro pilots; Construction of counter embankments, port's embankments, dikes, tetrapods, etc
B. Technical Part	
1. Compiler	
1.1 Name & Organization	Assoc.Prof. Georgi Alexiev, BAS, Institute of Geography
1.2 Contact coordinates	Alexievg@bas.bg
2. Availability	
2.1 Copyrights & ownerships	International recognized practice (for know-how - Assoc.Prof. Georgi Alexiev, BAS, Institute of Geography)
2.2 Costs[EURO]	10^4
2.3 Publications	[1],[4]*
2.4 Reference installations	There are many applications on the Bulgarian territory: Danube riverside – hydrological and hydrotechnical draining, port's embankments, supporting walls etc. Black sea costal area - hydrological and hydrotechnical draining, port's embankments, dikes, tetrapods, engineering – biological approach. Rock falls along the highways and railways – application of plastic net, cells, anchors, pilots etc.
2.5 Future Development & Research	New technological decisions, new materials, new arrangement and management of the territory etc.
3. Applicability	
3.1 Costs [EURO]	10^4 – 10^7 - Depends on the size and performed measures
3.2 Know-how [needed]	Yes – knowledge about new technologies and new materials
3.3 Training	No
3.4 Context [when and where to use it]	Instability of slopes near transport communications, residential and industrial buildings and installations threaten by landslides; Plans and programmes for management of territorial arrangement on national, regional or local level
3.5 Side effects [undesired ...]	Mainly positive effects; there are some negative effects - undesirable changes of the environmental landscape view; water flow changes in locations sensitive to the performed measures etc.
3.6 Installations [whether this measure is already installed and tested]	Bulgarian territory - in the vicinity of roads, railways, coastal areas etc.
3.7 Expert reports	[2],[3],[4]*
4. Usability	
4.1 Effects Obtained	Mitigation of gravitational hazard – decreasing of the social – economical

	vulnerability of the society
4.2 End users & target groups	Ministry of regional development and public works, Ministry of state policy of disasters and accidents. regional and local authorities
4.3 Efficiency (cost/means ratio)	1:5
4.4 Links to other measures	Monitoring on the slope stability, vulnerability and risk assessment, secondary effects assessment stabilization of the slopes.
4.5 Renewal & Revision periods	Permanent measure, especially after an increase of landslide activity
4.6 International perspective	Yes - large, it is used frequently in other countries
5. Implementation	
5.1 Technical prerequisites	Engineering-technical activities, hydrological and hydrotechnical recovery and upgrade, monitoring on the slope stability, the level of the underground waters, physical and mechanical soil characteristics and properties, specific software, etc.
5.2 Time [needed]	Months
5.3 Human resources [needed]	about 80-100 man-month depending on the measure
5.4 Performing body	Ministry of state policy for disasters and accidents, Geoprotect, Civil Defence, regional and local authorities
5.5 Description of technical implementation	Stabilization of the slopes by walls, barrages, drainage boreholes etc., Moving of infrastructure elements, if necessary; Insurance and monitoring
1. Bruchev I. (editor) 1994. Geological hazard in Bulgaria – Map M 1:500 000 and explanatory text. BAS, CGMR, MTS 2. National Strategy for prediction, prevention and liquidation of the consequences of the landslide's processes in Bulgaria. 1999, MRDPD 3. Landslides processes of Republic of Bulgaria In: Proceedings of the National Scientific-Practical Conference, issued by NC/SCPDDAC, BAS, Sofia, 2000. 4. Protection and long-term stabilization of the slopes of the Black sea coast , BAS, S, 1998	

References

Disaster reduction technology list on implementation strategies. 2005. A contribution from Japan, UN World Conf. on Disaster Reduction, Kobe-Hyogo, Japan, 270 pp.

GEOMAGNETIC-QUAKE AS IMMINENT RELIABLE EARTHQUAKE PRECURSOR BASED ON SKOPJE, SOFIA, KIEV AND LVOV GEOMAGNETIC AND EARTHQUAKE MONITORING - STARTING POINT FOR COMPLEX BALKAN BLACK SEA NETWORK

Emil Botev¹, Strashimir Mavrodiev², Tamara Mozgowa³, Lazo Pekevski⁴, Tamar Jimseladze⁵

¹*Institute of Geophysics, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
(ebotev@geophys.bas.bg)*

²*Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
(mavrodi@inrne.bas.bg)*

³*Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine*

⁴*Seismological Observatory, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, R. Macedonia
(lazopekevski@yahoo.com)*

⁵*Institute of Geophysics, Georgian Academy of Sciences, Tbilisi, Georgia*

Key words: Geomagnetic and earthquake monitoring, Earthquake prediction

Abstract: The imminent regional “when” earthquake’s predictions are based on the correlation between observed geomagnetic-quakes and the incoming minimum/maximum of tidal gravitational potential. The geomagnetic-quake is defined as an abrupt change of day- mean value of geomagnetic field one minute standard. The probability time window for the incoming earthquake or earthquakes is approximately ± 1 day for the tidal minimum and for the maximum- ± 2 days. The statistic evidence for reliability of the geomagnetic precursor is based on the distributions of the time difference between occurred and predicted earthquakes for Sofia, Skopje region which lean to the Gaussian behavior with increasing of the statistic.. The predicted earthquake is identified by the maximum of the function proportional to the density of the earthquake radiated energy in the monitoring point. The analytical size of this function as well as one minute time scale for calculating the geomagnetic-quake signal was established by Sofia- Dubna inverse problem method. The preliminary analysis of Kiev and Lvov data are presented. The project for complex Balkan- Black Sea NETWORK for earthquake researching and prediction is shortly described.

Introduction

The problem of “when, where and how” earthquake prediction can not be solved only on the basis of seismic and geodetic data (Aki, 1995; Pakiser and Shedlock, 1995; Geller et al., 1997; Main, 1999a, b; Ludwin, 2001).

The possible tidal triggering of the earthquakes has been investigated for a long period of time (Knopoff, 1964; Tamrazyan, 1967; 1968; Ryabl at al., 1968; Shlien, 1972; Molher, 1980; Sounau et al., 1982; Burton, 1986; Shirley, 1988; Bragin, 1999).

The including of additional information in the precursors monitoring, for example, the analysis of under, on and above Erath surface electromagnetic field variations can define reliable earthquake precursor and to estimate the most probable time of incoming earthquake. See for example some results and analysis in papers: Hayakawa et al, 1999, Eftaxias, 2001; Hayakawa, Molchanov, 2002; Varotsos et al, 2002, 2003; Dudkin et al, 2003; Telesca et al, 2004.

In the papers (Mavrodiev, Thanassoulas, 2001; Mavrodiev, 2002 a, b, 2003 a, b, c; Mavrodiev, 2004) was presented some progress for establishing the geomagnetic filed variations as regional earthquake precursor. The approach is based on the understanding that earthquake processes have a complex origin. Without creating of adequate physical model of the Earth existence, the gravitational and electromagnetic interactions, which ensure the stability of the Sun system and its planets for a long time, the earthquake prediction problem can not be solved in reliable way. The earthquake part of the model have to be repeated in the infinity way “theory- experiment- theory” using nonlinear inverse problem methods looking for the correlations between fields in dynamically changed space and time scales. Of course, every approximate model (see for example Varotsos, 1984, a, b, Varotsos et al, 2006; Thanassoulas, 1991; Thanassoulas et al., 2001a, b; Eftaxias at all, 2006, Duma, 2006) which has some experimental evidence has to be included in the analysis. The adequate physical understanding of the correlations between electromagnetic precursors, tidal extremums and incoming earthquake is connected with the progress of the adequate Earth’s magnetism theory as well as the quantum mechanical understanding of the processes in the earthquake source volume before and in the time of earthquake.

The achievement of the Earth's surface tidal potential modeling, which includes the ocean and atmosphere tidal influences, is an essential part of the research. In this sense the comparison of the Earth tides analysis programs (Dierks and Neumeyer, ws) for the ANALYZE from the ETERNA-package, version 3.30 (Wenzel, 1996 a, b), program BAYTAP-G in the version from 15.11.1999 (Tamura, 1991), Program VAV (version from April 2002) of Venedikov et al, 2001, 2003 is very useful.

The role of geomagnetic variations as precursor can be explained by the hypothesis that during the time before the earthquakes, with the strain, deformation or displacement changes in the crust there arise in some interval of density changing the chemical phase shift which leads to an electrical charge shift. The preliminary Fourier analysis of geomagnetic field gives the time period of alteration in minute scale. Such specific geomagnetic variation we call geomagnetic quake. The last years results from laboratory modelling of earthquake processes in increasing stress condition at least qualitatively support the quantum mechanic phase shift explanation for mechanism generating the electromagnetic effects before earthquake and others electromagnetic phenomena in the time of earthquake (Freund et al, 2002; St-Laurent et al, 2006, Vallianatos et al, 2003, 2006)

The future epicentre coordinates have to be estimated from at least 3 points of measuring the geomagnetic vector, using the inverse problem methods, applied for the estimation the coordinates of the volume, where the phase shift arrived in the framework of its time window. For example the first work hypothesis can be that the main part of geomagnetic quake is generated from the vertical Earth Surface-Ionosphere electrical current. See also the results of papers (Vallianatos, Tzanis, 2003 ; Duma, Ruzhin, 2003, Duma, 2006) and citations there.

In paper (Mavrodiev, 2004) the geomagnetic quake was defined as a jump of day mean value of signal function Sig. The geomagnetic vector projection H_i is measured with relative accuracy less or equal to 1 nT by a fluxgate, feedback based device of rather original and simple, but powerful construction. (know-how of JINR, Dubna, Boris Vasiliev, 1998, private communication). It is used with 2.4 samples per second. Due to technical reasons the sensor was oriented under the Horizon in a manner that the measured value of H_i is less than 20 000 nT.

The predicted earthquake is identified by the maximum of the function S_{ChTM} proportional to the density of the earthquake radiated energy in the monitoring point. Thus, if we have a jump of signal function Sig and its error Sig is such that satisfy numerically some conditions(Mavrodiev, 2004) in the next tidal extremum time the function S_{ChTM} will has a local maximum value. The earthquake for which the function S_{ChTM} has a maximum can be interpreted as predicted earthquake. The analytical size of the function S_{ChTM} as well as one minute time period for calculating the unique signal for geomagnetic quake which is reliable earthquake precursor was established by Dubna inverse problem method (Dubna Papers). One could say that this method is algorithmization of "probe- error" researching of hidden dependences for some time or space series of experimental data.

Eg data

There was analyzed earthquakes data in region with latitude (37^0 , 41^0) and longitude (15^0 , 31^0) for 2006, reported in USGS, NEIC: earthquake search results, Catalog- PDE, magnitude range from 3.0 to 9.0, data selection- historical & preliminary data- 705 earthquakes. There are reported 2007 data for 705 earthquakes because IRIS catalogue contains all types of measured for one earthquake magnitudes.

The next Figures 1, 2, 3 illustrate the distributions of earthquake's magnitudes, depth and the difference between tidal extremum date and time of occurred earthquakes with magnitude grater then 3.

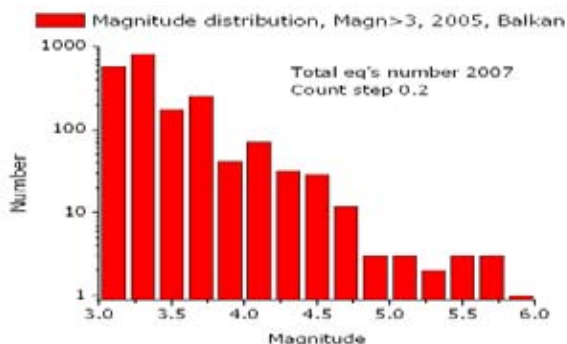


Fig.1. The magnitude distribution

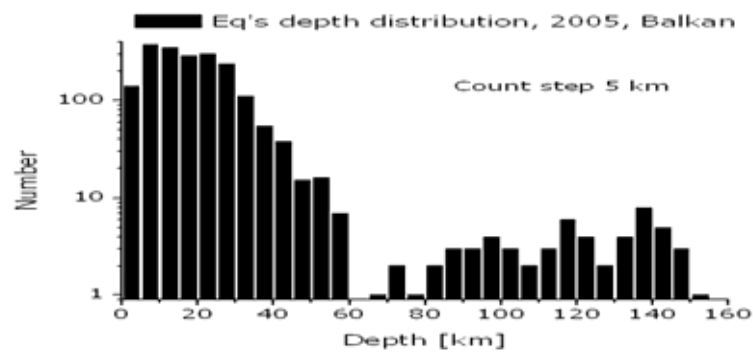
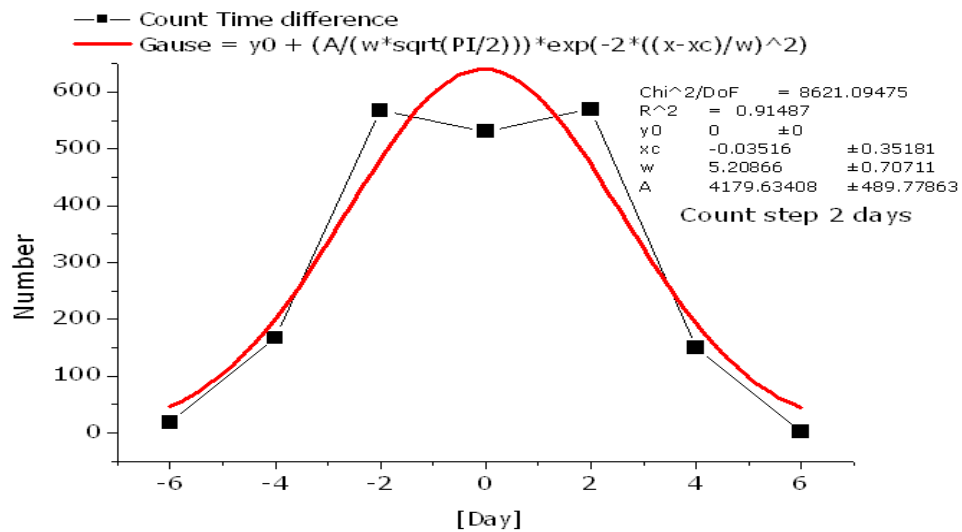


Fig.2. The earthquake's depth distribution

Earthquake number 2007. Mag>3, Balkan, 2005



The distribution of time difference between all tidal extremum dates and all occurred earthquakes in the region 800 km and Magnitude grater then 3

Fig. 3.

Analysis

The next Fig.4. present the distribution of the difference between predicted tidal extremum data and the date of occurred earthquakes in the region identified as predicted from the condition for local time maximum of function SChTM:

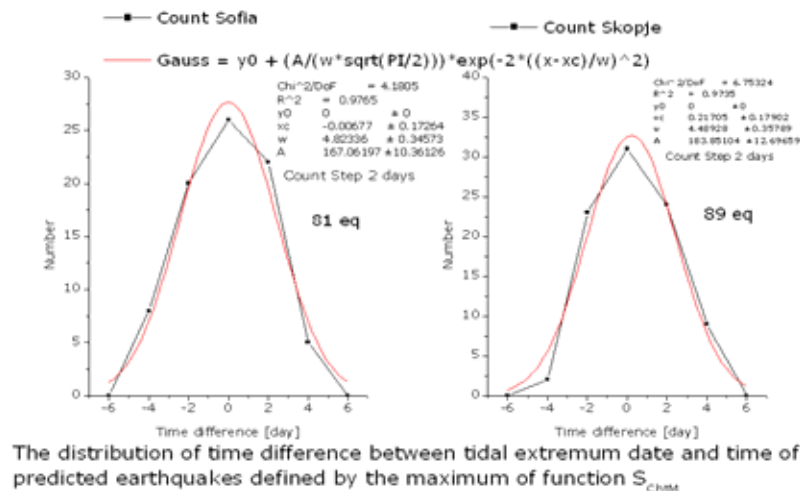


Fig.4.

The comparison of time distributions presented in Fig.3 for all occurred in the region earthquakes and in Fig. 4. for Skopje and Sofia as well as its χ^2 and wide is in support the geomagnetic quake is reliable time precursor for impending earthquake or earthquakes in the region.

The next Fig.5. present the time distribution for all occurred earthquakes in the region earthquake with conditions $S_{\text{ChM}} > 200$ and magnitude > 3 .

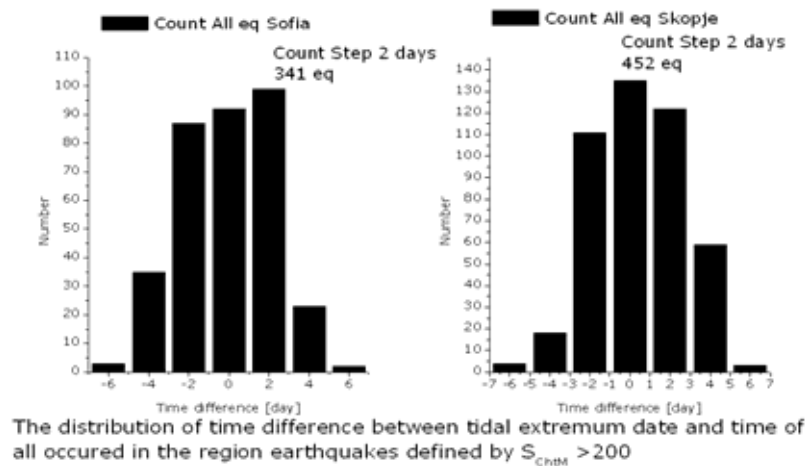


Fig.5.

The next Fig.6. present the S_{ChM} and magnitude distribution for all occurred in the region earthquake as function of distance from the monitoring point with $S_{\text{ChM}} > 200$ and $M > 3$.

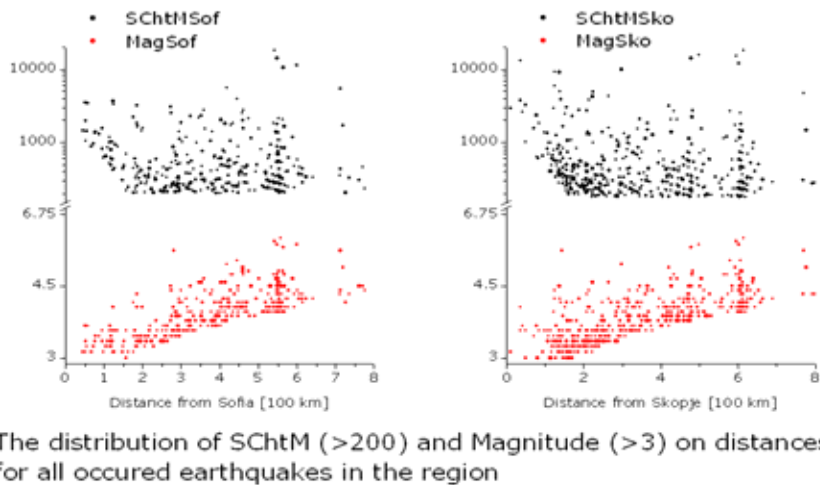


Fig.6.

The comparison of the distributions in Fig.6. and Fig.7. can give some presentation for distance and magnitude sensibility of the geomagnetic approach.

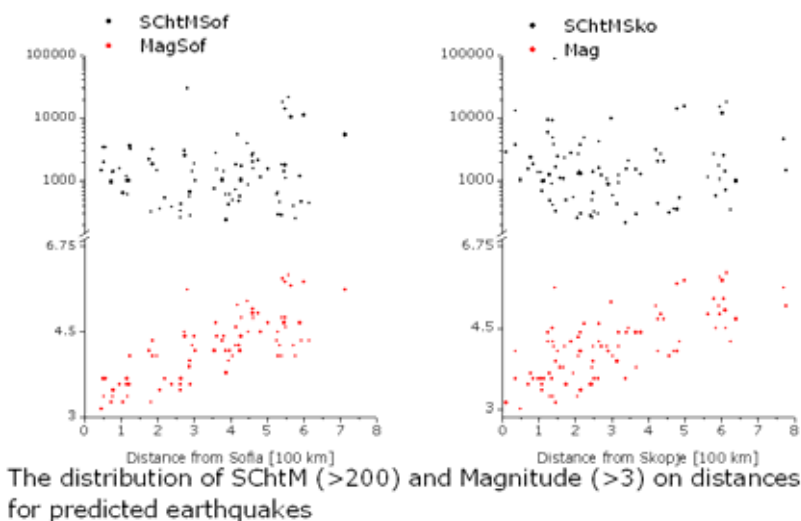


Fig.7.

One have to stress that the solving the problem of distance and magnitude sensibility of the geomagnetic approach using the inverse methods can be performed uniquely on the basis of at least triangle (100- 200 km) stationary geomagnetic monitoring set plus one mobile.

The next Fig.8. present the comparison of the numbers of all and predicted earthquakes for Sofia and Skopje. It is seen that all occurred earthquakes with magnitude grater then 5 was predicted.

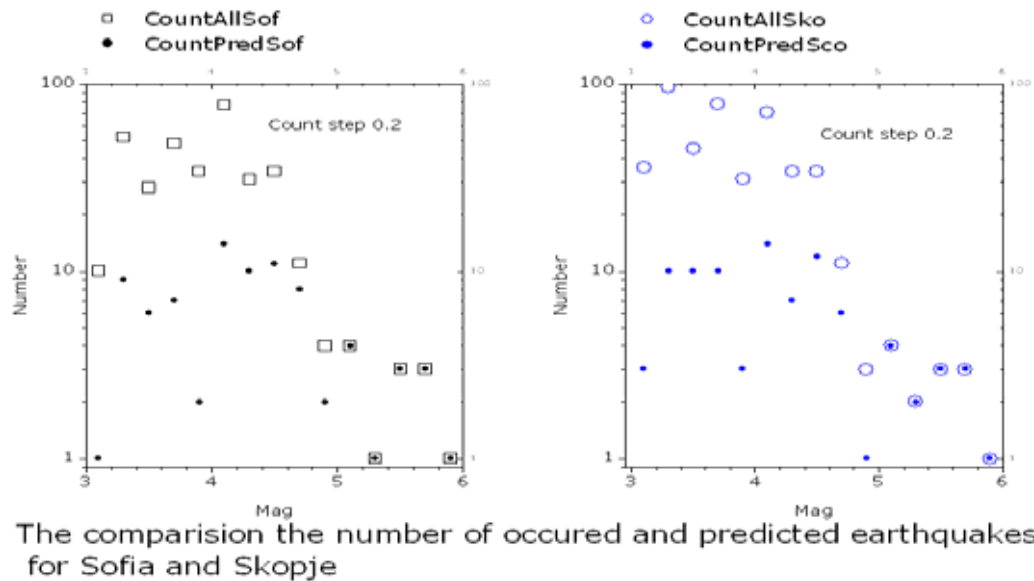


Fig.8.

The next Fig.9. present the map graphic for earthquakes with magnitude grater then 5 predicted simultaneously from Skopje and Sofia measurements.

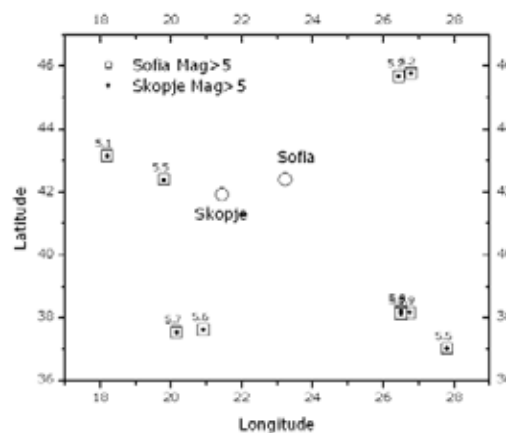


Fig.9.

The confirmation of one geomagnetic component Sofia data from the vector Skopje results for reliability time window earthquake prediction can be consider as a first step for solution of “when, where and how” earthquake prediction at level “when”. It is obvious that the occurred in the predicted time period earthquake with maximum value of function S_{ChtM} (proportional to the Richter energy density in the monitoring point) is the predicted earthquake. But some times there are more then one geomagnetic signals in one day or some in different days. It is not possible to perform unique interpretation and to choose the predicted earthquakes between some of them with less values of energy density. The solution of this problem can be given by the analysis of the vector geomagnetic monitoring data in at least 3 points, which will permit to start solving the inverse problem for estimation the coordinates of geomagnetic quake source as function of geomagnetic quake. The numbering of powers of freedom for estimation the epicenter, depth, magnitude and intensity (maximum values of accelerator vector and its dangerous frequencies) and the number of possible earthquake precursors show that the nonlinear system of inverse problem will be overdetermined.

Thus, the first prove, that in the framework of such complex approach, the “when, where and how” earthquake prediction problem can be solve will be the “when, where” prediction on the basis of at least 3 points for electromagnetic real time monitoring is essential. If the statistic estimation will be successful for a long enough period of time (6-12 months) and the established correlations are confirmed by the adequate

physical model solutions, one could say that the earthquake prediction problem is under solving using the electromagnetic quake precursor.

Experimentally, the first attempts for estimation of the future epicenter can be performed on the basis of isolines distribution of geomagnetic quake and electropotential data set as well as by using the VAN and radio data. Theoretically, the simplest model for starting to solve the inverse problem is to estimate the coordinates of vertical Earth surface – Ionosphere electrical current which is generated by the geomagnetic quake. Such type of modeling has to be performed step by step by including the volume of solid state phase shifts and frequency characteristics like function of stress, depth and geology.

The posteriori analysis for England, Alaska, India, Kamchatka, Hokkaido regions on the basis of second vector Intermagnet data [INTERMAGNET, WS], also confirm the reliability of geomagnetic quake as imminent earthquake precursors (Mavrodiev 2003 a, b, 2004).

Conclusions: The correlations between the local geomagnetic quake and incoming earthquakes, which occur in the time window defined from tidal minimum (± 1 day) or maximum (± 2 days) of the Earth tidal gravitational potential are tested statistically. The distribution of the time difference between predicted and occurred events is going to be Gaussian with the increasing of the statistics.

This result can be interpreted as first reliable approach for solving the “when” earthquakes prediction problem using the geomagnetic data.

The project for complex regional NETWORK for earthquake prediction by using the reliable precursors will be proposed in near future. The Project is based on the temporary data acquisition system for preliminary archiving, testing, visualizing and analyzing the data with aim to prepare regional daily risk estimations.

Acknowledgments: This work is partly supported by the grant ES 1512/2005 of the Ministry of Education and Science of Bulgaria.

References:

1. A k l K. Earthquake prediction, societal implications, U.S. National Report to IUGG, 1991-1994, Rev. Geo-phys. Vol. 33 Suppl., © 1995 American Geophysical Union, <http://www.agu.org/revgeophys/aki00/aki00.html> , 1995.
2. B r a g i n , Y. A., O.A. B r a g i n . V.Y. B r a g i n . Reliability of Forecast and Lunar Hypothesis of Earthquakes, Report at XXII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), Birmingham, UK, July 18 – 30, 1999.
3. B u r t o n , P.W. Is there coherence between Earth tides and earthquakes? *Nature* (News and Views), **321**, 115, 1986.
4. D u d k i n F., A. De S a n t i s , V. K o r e p a n o v . Active EM sounding for early warning of earthquakes and volcanic eruptions, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol. 139, Issues 3-4, pp. 187-195 (2003)
5. E f t a x i a s K., P. K a p i r i s , E. D o l o g l o u , J. K o p a n a s , N. B o g r i s , G. A n t o n o p o u l o s , A. P e r a t z a k i s and V. H a d j i c o n t i s . EM anomalies before the Kozani earthquake: A study of their behaviour through laboratory experiments, *Geophysical Research Letters*, Vol. 29, No.8 10.1029/ 2001 GL013786, 2002.
6. G e l l e r R.J., D.D. J a c k s o n , Y.Y. K a g a n . Mulargia F.,Earthquakes cannot be predicted, *SCIENCE*, 14March 1997; 275:1616-0 ,<http://scec.ess.ucla.edu/%7Eykagan/perspective.html>,1997.
7. H a y a k a w a , M. and O. M o l c h a n o v . (Eds): *Seismo Electromagnetics Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere coupling*, Terrapub, Tokyo, 477 pp., 2002.
8. M a v r o d i e v S.Cht. *Applied Ecology of the Black Sea*, ISBN 1-56072- 613- X, 207 Pages, Nova Science Publishers, Inc., Commack, New York 11725, 1998.
9. M a v r o d i e v S.Cht., Thanassoulas C., Possible correlation between electromagnetic earth fields and future earthquakes, INRNE-BAS, Seminar proceedings, 23- 27 July 2001, Sofia, Bulgaria, ISBN 954-9820-05-X, 2001, <http://arXiv.org/abs/physics/0110012>, 2001.
10. M a v r o d i e v S.Cht. The electromagnetic fields under, on and up Earth surface as earthquakes precursor in the Balkans and Black Sea regions, <http://arXiv.org/abs/0202031>, Feb, 2002a.
11. M a v r o d i e v S.Cht. The electromagnetic fields under, on and over Earth surface as “when, where and how” earthquake precursor, *European Geophysical Society, Geophysical Research Abstracts*, Vol.5, 04049, 2003b.
12. M a v r o d i e v S.Cht. On the Reliability of the Geomagnetic Quake Approach as Short Time Earthquake's Precursor for Sofia Region, *Natural Hazards and Earth System Science*, Vol. 4, pp 433-447, 21-6-2004
13. M o l h e r A.S. Earthquake / earth tide correlation and other features of the Susanville, California, earthquake sequence of June-July 1976., *Bull. Seism. Soc.Am.*, Vol. 70, pp. 1583 – 1593, 1980.
14. T h a n a s s o u l a s , C., and V. K l e n t o s . The "energy-flow mo-del" of the earth's lithosphere, its application on the prediction of the "magnitude" of an imminent large Earthquake, The "third paper", *Institute of Geology and Mineral Exploration (IGME)*, Athens, Greece, Open File Report A. 4384, pp 1-20, 2001d.
15. V a r o t s o s et al. *Phys. Rev. E*, 66, 011902, 2002, *Phys. Rev. E*, 68, 031106, 2003.
16. V a r o t s o s P. A., N. V. S a r l i s , E. S. S k o r d a s , H. K. T a n a k a , and M. S. Lazaridou. Additional information for the paper 'Entropy of seismic electric signals: Analysis in natural time under time-reversal' after its initial submission, ftp://ftp.aip.org/epaps/phys_rev_e/E-PLIEEE8-73-134603, 2006.
17. V e n e d i k o v A., A r n o s o R. Program VAV/2000 for Tidal Analysis of Unevenly Spaced Data with Irregular Drift and Colored Noise, *J.Geodetic Society of Japan*, vol.47, 1, 281-286, 2001.
18. Z h o n g h a o S h o u , D. H a r r i n g t o n . Bam Earthquake Prediction & Space Technology, *Earthquake Prediction Center*, 500E 63rd 19K, New York, NY 10021, 2005.

EARTHQUAKE MONITORING IN PROVADIA REGION

Emil Botev, Sonya Dimitrova, Irena Tzoncheva

Geophysical Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ebotev@geophys.bas.bg

Key words: Earthquake monitoring, Induced seismicity

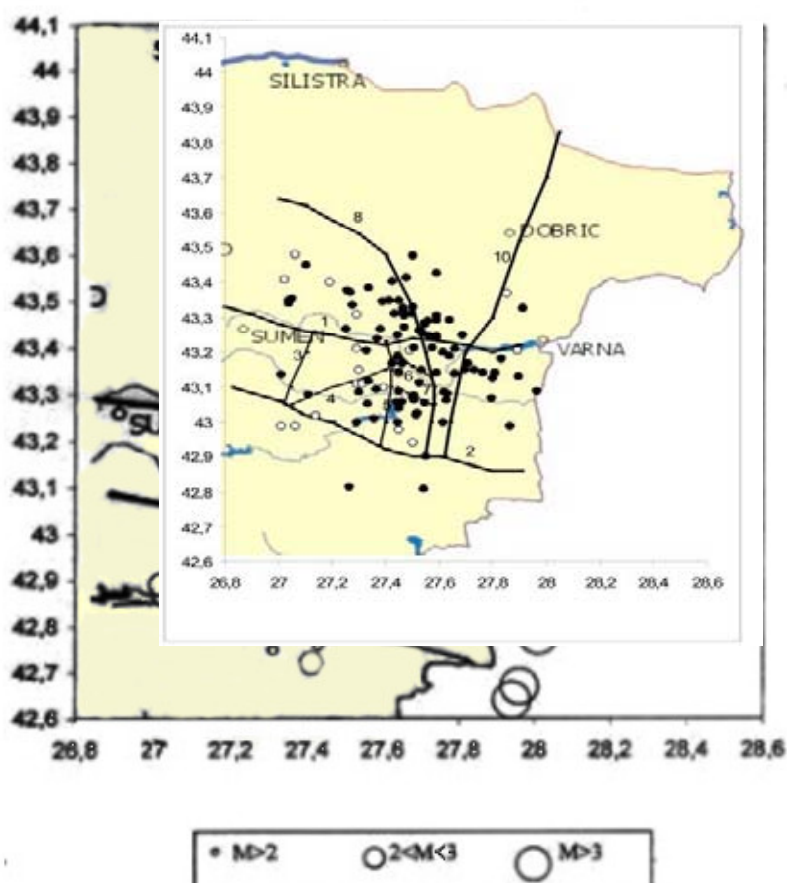
Abstract: The Provadia region is remarkable with the exploitation of the biggest salt deposit body in Bulgaria. After the increasing of the felt events during the last years some public opinions about the induced character of the seismicity appear. This paper presents an outlook of the seismicity before and after the Local Seismic Network (LSN) construction in the Provadia region. A more detailed analysis of the space and time distributions of the earthquakes in the investigated region is made for the period of high sensitive LSN registrations (after 1995). Some general conclusions about the character of the seismicity around the Mirovo salt body (central part of the Provadia region) are proposed. The biggest number of events in the depth interval 0-5 km might be associated with some influence of the salt body exploitation. From the magnitude-depth and –time distributions is obtained that the depth interval of the strongest earthquakes is between 8 and 20 km and they are followed by classical (tectonic type) aftershock series. On these reasons it could be supposed that the strongest earthquakes in Provadia region are not directly induced events. The abrupt increasing of the number of felt earthquakes for the last 30 years and their hypocentral distribution around the Mirovo salt body does not allow to exclude the indirect influence of its exploitation - like triggering of some tectonic seismic events, for example.

The work gives some generalized information about the seismic events in the Provadia region ($\lambda = 27^{\circ}$ - 28° E and $\varphi = 42.6^{\circ}$ – 43.6° N) recorded by the seismological network of Bulgaria (NOTSSI) for the period 1980-2005. Special emphasize on the seismicity of the region during the operation of the Provadia Local Seismic Network (LSN) is made (1995-2005). The recording and space localization of the seismic events in NOTSSI is realized by means of 14 permanent stations all over the country and 7 local stations belonging to 2 networks. The Provadia LSN consists of 5 stations. The sensitivity of the seismographs allows recording and processing of a big number of the weak earthquakes with $M > 1.0$. The precision of determining the epicentral location is different and it depends first of all on the specific position of the epicentre towards the geometry of the recording national and local networks.

The region of Provadia is not very dangerous seismic zone (Bonchev et al., 1982), but it is remarkable with the Mirovo salt deposit body and the created public opinion, that the local moderate seismicity is induced by the method of exploitation of the salt body. In fact the historical analysis of the earthquake catalogues (Grigorova et al., 1979; Christoskov et al., 1979, Solakov & Simeonova, 1993; Botev et al., 1993-2004) shows an abrupt increasing of the stronger events (as a rule with magnitude $M > 3.0$) for the last 30 years – about 45 earthquakes versus only 5 for the period before 1976. This level of the present moderate seismic activity of the Provadia region is comparable to the same one for the most active seismic zones in Bulgaria well known with catastrophic earthquakes in the past.

Provadia region is situated in the South Moesian periplatform (transition) zone between the Moesian platform and East Fore-Balkans folded zone. The main fault lineament (first order structures) are: 1. South Moesian; 2. North Fore-Balkans; 8. Sindel-Vetren; 10. Venelin-Dobrich (Fig.1). The second order fault structure around Provadia depression are: 5. Provadiiski; 6. Padinski; 7. Sultamski and 4. Hrabrovski to the West (Mihajlov et al., 1994). With empty circles are noted the epicenters before the NOTSSI operation, with black ones – during the operation of NOTSSI (after 1980), but before the starting of the Local Seismic Network in Provadia (1995). The epicenters distribution marks some correlation with Sindel-Vetren fault lineament, especially for the events before the NOTSSI operation, which are predominately macroseismologically determined.

S.
Vetren
construc
situated



ig

(N1) and Sindel-
fter the NOTSSI
of lack of nearby

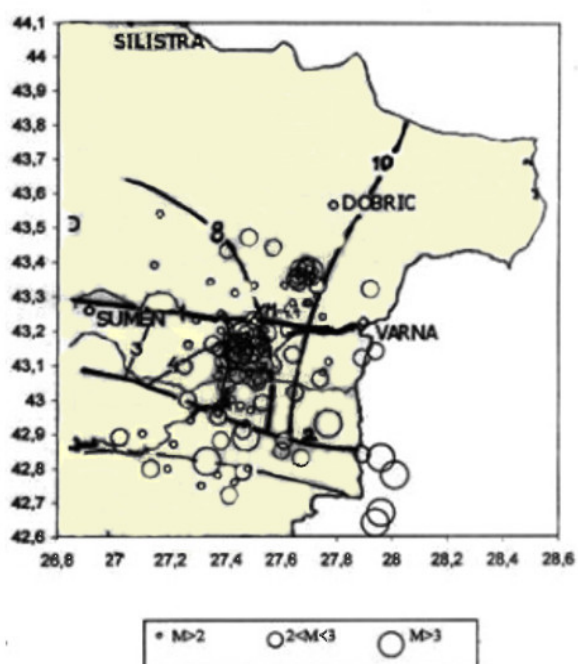


Fig.2. Map of epicentres in the region after the Provadia LSN constructing (1995-2003)

For the next 9-years period of high sensitive LSN observations (1995-2003) the data about more than 360 seismic events with $M > 0.5$ on the territory of the Provadia region are used. Relatively low seismic activity is observed - only 128 earthquakes are successfully localized for this period. The seismicity map (Fig. 2) shows better the active strip with NE-SW oriented epicentre alignments in the Provadia region. The most active part is situated between the SouthMoesian subequatorial fault (N1) and NorthSupbalkan fault

(N2) – 81 events. 63 of them are concentrated in the Provadia valley, where the geodynamic influence of Hrabrovski (N4), Provadijski (N5), Padinski (N6) and Sultanski (N7) faults is observed. But this is namely the central part of the Provadia valley which is covered by the Mirovo salt deposit body. The nearby situated 18 December 2003' earthquake, with the $M=4.4$, is the strongest felt event since the beginning of the exploitation of this salt deposit body (Dimova et al., 2004). Because of the big depth of this event we can suppose that it isn't directly induced event. The very short aftershock sequence is an usual characteristic of the local tectonic earthquakes in the region, too.

The ordinary magnitude distribution of the earthquakes (Fig.3a) shows that the number of the events increases with the decrease of magnitude: for $M > 4.0$ it is 1, for $M=3.5-3.9$ - 3 for $M=3.0-3.4$ - 7, for $M=2.5-2.9$ - 20, for $M=2.0-2.4$ – 29, for $M=1.5-1.9$ - 56 events. The abrupt diminishing of the number of earthquakes in the next intervals determines also the registration power of the seismic stations network. In this way it can be supposed that the magnitude sample for levels with

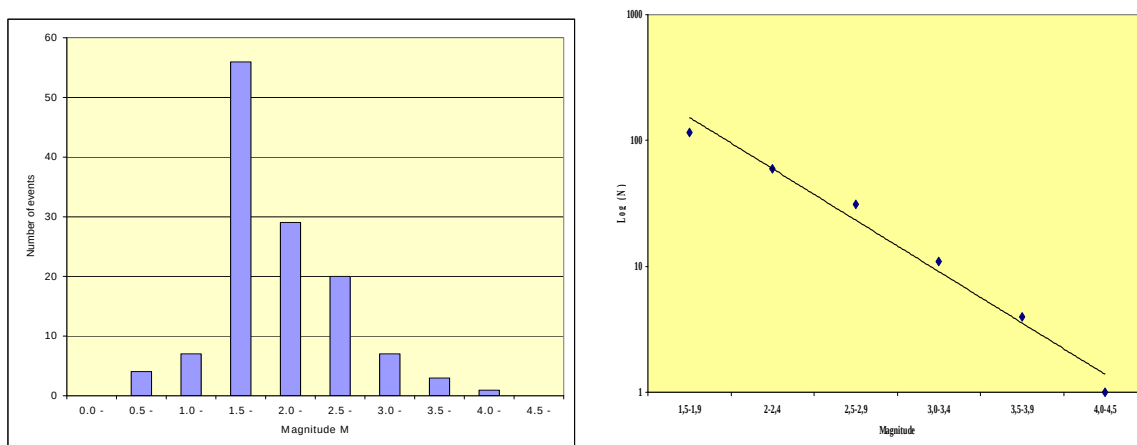


Fig.3. Magnitude-frequency distributions of the earthquakes

$M > 1.5$ is comparatively closer to the reality for the bigger part of the investigated territory. The coefficient b (or the slope) of the averaged straight line of the LogN-magnitude dependence (Fig.3b) is bigger in comparison with the standard dependence for North-East Bulgaria (for longer period and stronger events) which means that some “missing” of strong events is available.

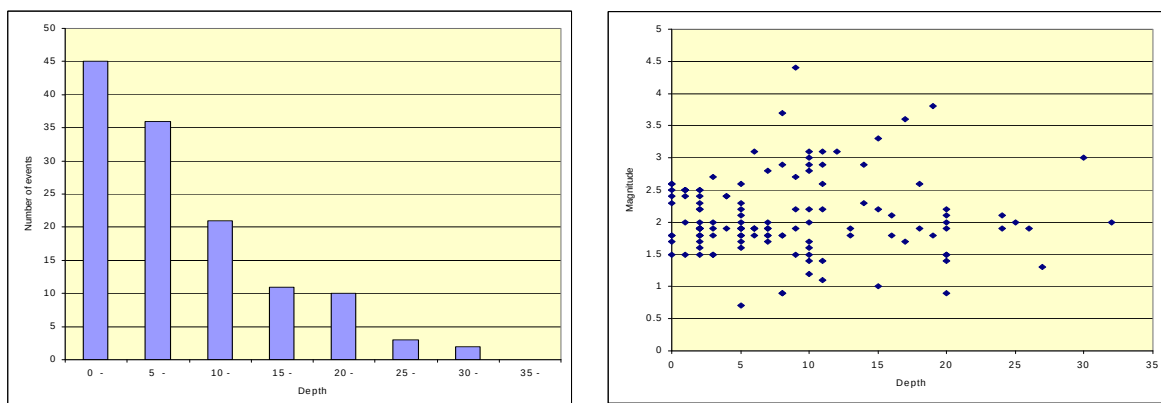


Fig.4. Depth-frequency distributions of the earthquakes

The ordinary depth distribution of the earthquakes shows that the majority of the events occur down to 20 km depth (Fig.4a). The slight decreasing of the number of the events with the increasing of depth is a natural phenomenon for the intraplate seismicity. The magnitude distribution of the events in depth (Fig.4b) allow to mark some differentiation of “depth floor” from 8 to 20 km depth – this is the depth interval of the strongest earthquakes. The 18 December 2003 earthquake, with the $M=4.4$, is the strongest felt event (Intensity VII) since the beginning of the exploitation of this salt deposit body. Because of the 9 km depth of this event we can suppose that it isn't directly induced event.

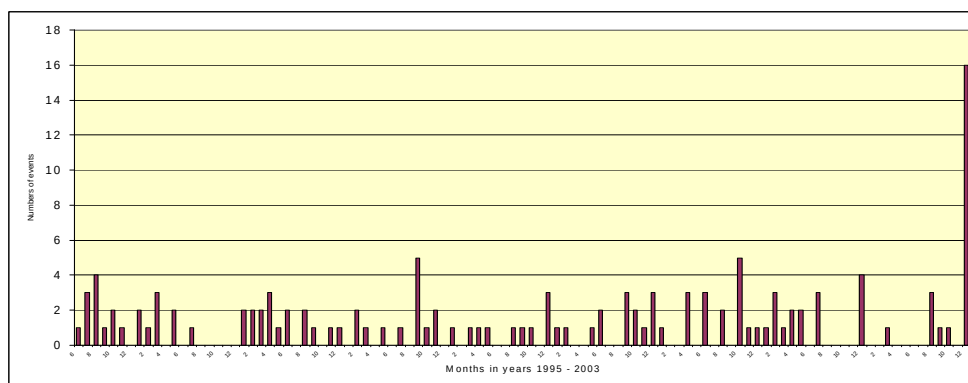


Fig.5. Time distributions of the earthquakes

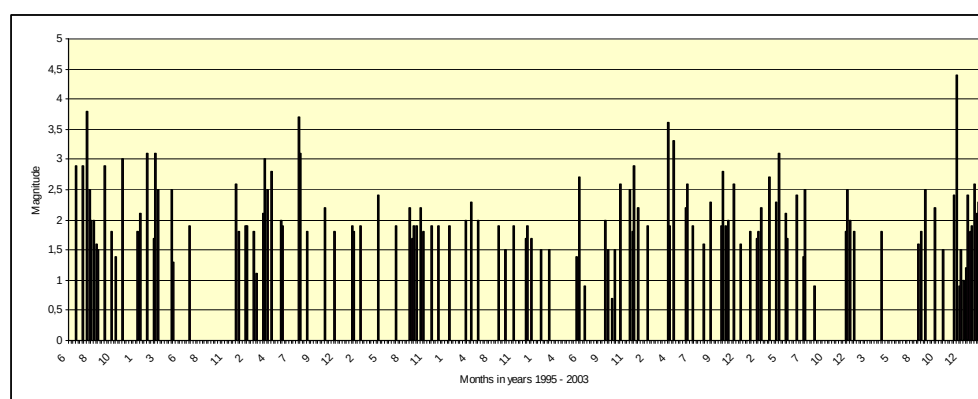


Fig.6. Magnitude-time distributions of the earthquakes

The time distribution of the earthquakes (Fig.5) does not allow to find out a quasi-periodic peculiarity of the seismicity. Some increase of the frequency of the earthquakes during 1997 and 2000 is not due to the aftershock sequences. The last strong frequency increasing is due to aftershocks of the strongest $M=4.4$ event on 18.12.2003. The magnitude – time distribution of the events (Fig.6) shows the specific decreasing of M in the time for the aftershock series of the earthquake with $M=3.8$ in the end of 1995. The very short aftershock sequence after the strongest event is an usual characteristic of the local tectonic earthquakes in the region, that is why we can not suppose that it is directly induced event.

As a conclusion we could generalize that:

The accuracy of determinations of epicenters of the earthquakes before the Provdia Local Seismic Network constructing is very low – even after the starting of NOTSSI operation many of epicenter calculations are with errors about 10 or more km ;

After the starting of Provdia LSN operation (1995), probably due to the higher accuracy of determinations of epicenters of the earthquakes, some clear expressed grouping of epicenters around the Mirovo salt body area is established – perhaps some influence of the salt body exploitation is observed;

The energetic level of the observed seismicity after 1995 is relatively weak (91% from the seismic events are microearthquakes ($M<3.0$)); the maximum magnitude is $M=4.4$ – the epicentre of this event is not far from the Mirovo salt body area;

The magnitude-frequency distribution of earthquakes shows that the earthquake catalogue is almost complete for events of $M > 1.5$. The slope of the averaging straight line of the recurrence relationship of events with magnitude $M > 1.5$ shows some prevalence of weak events;

The slight decreasing of the number of the events with the increasing of depth is a natural phenomenon for the intraplate seismicity. The biggest number of events in the depth interval 0-5 km might be associated with some influence of the salt body exploitation;

From the magnitude-depth and –time distributions is obtained that the depth interval of the strongest earthquakes is between 8 and 20 km and they are followed by classical (tectonic type) aftershock series. On these reasons we can suppose that the strongest earthquakes in Provdia region are not directly induced events;

The abrupt increasing of the number of felt earthquakes for the last 30 years and their hypocentral distribution around the Mirovo salt body does not allow to exclude the indirect influence of its exploitation - like triggering of some tectonic seismic events, for example.

Acknowledgments: This work is partly supported by the grant ES 1512/2005 of the Ministry of Education and Science of Bulgaria.

References:

1. Bonchev E., V.I. Boune, L. Christoskov, J. Karagjuleva, V. Kostadinov, G.J. Reisner, Sn. Rizhikova, N.V., Shebalin, V.N. Sholpo and D. Sokerova. (1982): A method for compilation of seismic zoning prognostic maps for the territory of Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 12.2, 3-48
2. Botev E., B. Babachkova, B. Dimitrov, S. Velichkova, I. Tzoncheva, K. Donkova, S. Dimitrova. (1993 – 2004): Preliminary data on the seismic events recorded by NOTSSI in January-June 1991 ... July-December 2003. *Bulg. Geophys. J.*, 16, 17, ... 30.
3. Botev E., S. Dimitrova, I. Tzoncheva. Seismicity patterns in the Provadia region recorded by NOTSSI before and after the Provadia Local Seismic Network construction. *Fourth National Conference with International Participation "Geophysics in economic activity, environment and cultural heritage investigations"*, 4-5 Oct. 2004, Sofia. Book of Abstracts, publ. by Bulg. Geophys. Society, 2004, 56-57.
4. Christoskov L, D. Sokerova and Sn. Rizhikova. (1979). New catalogue of the earthquakes in the territory of Bulgaria and adjacent region for the period V century BC to XIX century, *Archives of the Geophysical Institute of BAS*, Sofia.
5. Dimova S., C. Christova, R. Glavcheva, M. Haralanov. A macroseismic survey in the epicentral zone of 17 December 2003 Provadia earthquake (Md 4.4), *Fourth National Conference with International Participation "Geophysics in economic activity, environment and cultural heritage investigations"*, 4-5 Oct. 2004, Sofia, Book of Abstracts, publ. by Bulg. Geophys. Society, 2004, 72 – 74.
6. Grigorova E., D. Sokerova, L. Christoskov and Sn. Rizhikova. (1979): Catalogue of the earthquakes in the territory of Bulgaria for the period 1900-1977., *Archives of the Geophysical Institute of BAS*, Sofia.
7. Mihajlov D., S. Dineva, D. Sokerova, E. Botev, D. Ouzunov, L. Petrov, L. Dimitrova. Seismotectonic and seismological investigations for local seismological network constructing in the region of the Mirovsko salt body. *Third National Scientific-Practical Conference on Civil Protection*, 8-9 Dec. 1994, Sofia.
8. Solakov D. and S. Simeonova. (eds) (1993): *Bulgaria catalogue of earthquakes 1981-1990*. Bulgarian Academy of Sciences, Geophysical Institute, Seismological department, Sofia.

УРБАНИЗАЦИЯ, ПРИРОДНИ ОПАСНОСТИ И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРЕДОТВРЯВАНЕТО ИМ

Ралица Берберова

Нов Български университет

URBANIZATION, NATURAL DISASTERS AND POSSIBILITIES FOR PREVENTION

Ralitza Berberova

New Bulgarian University – 21 Montevideo St., Sofia 1618
e-mail: rberberova@nbu.bg

Key words: Urbanization, natural disasters, prevention

Резюме: От средата на миналия век започна засилен процес на урбанизация. От една страна колективното обитаване на определен район обезпечава удобства и сигурност, но от друга - струпването на много хора поражда нови проблеми, свързани с транспорта, енергията, старите сгради, отпадъците и т.н. Други сериозни и подценявани проблеми на градовете и другите населени места са опасностите и рисковете, породени от природните бедствия. Целта на автора е да представи част от тези опасности и рискове, както и възможности за тяхното предотвратяване.

От миналия век започна засилен процес на урбанизация. От една страна това осигурява удобства и сигурност, но от друга – води до проблеми, свързани с транспорта, енергията, старите сгради, отпадъците, въздействието върху околната среда и т.н. В урбанизираните, и най-вече в силно урбанизираните места, се повишава нивото на опасност и на риск от природни бедствия. Целта на автора е да представи част от тези опасности и рискове, както и възможности за тяхното предотвратяване.

Темповете на нарастване на градското население в световен мащаб се ускоряват непрекъснато (таблица 1). Около 60 % от този ръст се дължи на естествения прираст, докато останалите 40 % - напускане на селските райони. Основните мотиви за това са възможностите за образование, повече работни места, добро здравеопазване, социално-културен живот, модернизация и др. Така например, според данни на Висшия комисариат за бежанците към ООН (1996) вътре в отделните държави се наблюдава движение на значителни човешки потоци – обикновено от селските към градските райони и от по-бедните към по-проспериращите провинции. Според тези данни всяка година 20–30 млн. души мигрират към градовете в собствените си държави.

Таблица 1. Десетте най-големи градски зони в света за 1000 г., 1800 г., 1900 г. и 2001 г. [5]

1000 г.		1800 г.		1900 г.		2001 г.	
градска зона	насел. в млн.	градска зона	насел. в млн.	градска зона	насел. в млн.	градска зона	насел. в млн.
Кордова ¹	0,45	Пекин	1,10	Лондон	6,5	Токио	26,5
Кайфън	0,40	Лондон	0,86	Ню Йорк	4,2	Сао Паулу	18,3
Константинопол ²	0,30	Кантон ³	0,80	Париж	3,3	Мексико сити	18,3
Ангкор	0,20	Едо ⁴	0,69	Берлин	2,7	Ню Йорк	16,8
Киото	0,18	Константинопол	0,57	Чикаго	1,7	Мумбай ⁵	16,5
Кайро	0,14	Париж	0,55	Виена	1,7	Лос Анджелис	13,3
Багдад	0,13	Неапол	0,43	Токио	1,5	Калкута	13,3
Нишапур	0,13	Хангчжоу	0,39	С. Петербург	1,4	Дака	13,2
Хаса	0,11	Осака	0,38	Манчестър	1,4	Делхи	13,0
Анхилвада	0,10	Киото	0,38	Филаделфия	1,4	Шанхай	12,8

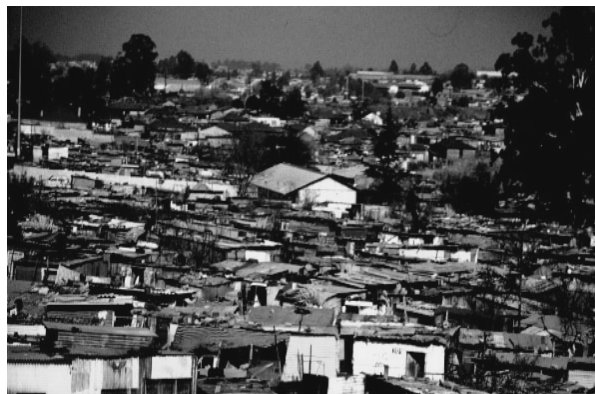
¹Днес Кордоба; ²Днес Истанбул; ³Днес Гуанчжоу; ⁴Токио; ⁵Бивш Бомбай

Много сериозни, но рядко споменавани проблеми на урбанизираните територии, и особено на големите градове, са природните бедствия и опасности и рисковете, които произтичат от тях.

По данни към 2000 г. около и над 37 % от населението на света живее на не повече от 100 км от бреговата линия. Крайбрежните зони са особено уязвими на бури, силни ветрове, ерозия, приливни вълни, въздействията на наводнения, цунами, свлачища, земетръси и други природни стихии. Последните няколко години държави в Северна и Южна Америка пострадаха сериозно от тежките урагани и бури, разразили се на тези територии. Катастрофата, провокирана от урагана Катрина, не се дължеше толкова на силата на урагана, колкото на уязвимостта на територията на делтата на Мисисипи и частично на град Ню Орлеанс, разположен в голяма част под морското ниво и изложен на последиците на скъсването на бентовете и дигите, които го предпазват от Мисисипи, от езерото Пончартрейн и от свързаните с тях канали. Освен големия брой жертви, производството на петрол в Мексиканския залив е било намалено временно с 95 % (равняващо се на 14 млн. барела на ден). Отчита се, че щетите надхвърлят 200 млрд. долара, което направи Катрина най-скъпата природна катастрофа, станала в САЩ.

Наблюдава се повишаване на риска от наводнения в селищните територии. В урбанизираните райони земята е покрита от непроницаеми повърхности като пътища и покриви, поради което честотата и размера на наводнения се увеличават. Учени са доказали, че урбанизирането на 50 % от водосборите може да увеличи честотата на наводненията 20 пъти.

Изместването и установяването на победната прослойка и представители на малцинствата на стръмни склонове, хълмове, крайбрежни зони, а нерядко и сметища, създава сериозни урбанистични и социални проблеми. Незаконното строителство, без изградена канализационна мрежа и без предварителни проучвания, води до активизиране на свлачищни процеси, както това се случва в България в района на гр. Варна, Балчик, Свищов, Никопол, Оряхово и др., където вече са факт засегнати от този процес сгради и пътища.



Снимка 1. Квартали - гета

Поради липсата на строителен надзор и адекватни антисейсмични норми в Турция, един от най-земетръсните активни райони в Европа, от 1950 г. са узаконени незаконно и бързопостроени жилищни сгради. При земетресенията през 1999-2000 г. некачествено построените блокове, някои от които на разстояние над 100 км от епицентъра на земетресението, са рухнали и са се превърнали в гробници, докато други добре построени сгради в епицентъра на земетресението са останали невредими.



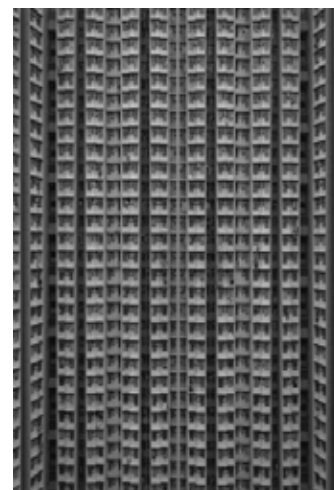
Снимки 2 и 3. Турция след земетресенията, 1999-2000 г.

Поради нарушения на строителните норми и правила, и в България 116 души станаха жертва на земетресението в град Свищов на 4 март 1977 г., където се срутиха две жилищни сгради.

Градските области са гъсти струпвания не само на хора, но и на сгради, пътища, железопътни линии, газопроводи, комуникационни системи, водни и комунални услуги, което означава, че едно

прекъсване в услугите може да засегне много голям дял от населението и икономическата активност в региона. Например, земетресението, разтърсило японския град Кобе през 1995 г., освен че уби 6 350 души, нанесе щети за над 100 млрд. долара.

По последни статистически данни през 2006 г. всеки ден средно се раждат 376 000 деца. След 2 години се очаква това число да бъде 385 000. Прогнозите са, че около 2040 г. населението на Земята ще достигне 9 млрд. души, което от своя страна ще доведе до увеличаване на гъстотата на населението в големите градове и ускоряване на процеса на урбанизация.



Снимки 4, 5 и 6. Жилищни сгради в Токио, Япония

Зачестилите природни бедствия и размера на последващите щети в световен мащаб (таблица 2) постави начало на дискусия върху редица значителни проблеми: превенцията от природни бедствия, характеристиките и поддържането в ред на обществените съоръжения против наводнения, организацията на структурите на гражданска защита, важноста на проучванията и на предвижданията, нивото на приоритет на политическата администрация за природните рискове.

Таблица 2. Природни бедствия по света за периода 1995-2007 г.

Обобщение на бедствията по регион, 1975-2005 г.					
Регион	Вид бедствие	Брой бедствия	Убити хора	Общо засегнати хора	Щети, US \$
ЕВРОПА	Суша	30		7 062 575	14 190 736 000
	Земетресение	156	8 704	2 829 742	34 349 776 000
	Епидемия	28	476	186 089	
	Екстремална температура	127	35 260	787 774	2 316 088 000
	Глад	2		3 210 000	
	Наводнение	336	3 065	7 444 055	123 312 165 000
	Масово разпространение на насекоми	1			
	Свличане на земни маси	47	1 173	39 299	1 669 389 000
	Вулкан	16	9	7 024	19 600 000
	Вълна/голяма вълна	1	11	2	
	Пожар	80	318	132 587	3 118 249 000
	Вятърна буря	290	1 948	8 640 518	28 547 948 000
ОБЩО за Европа		1 114	50 964	30 339 665	207 523 951 000
АФРИКА	Суша	322	560 493	296 505 049	4 051 193 000
	Земетресение	53	6 711	1 514 821	8 725 608 000
	Епидемия	502	106 605	10 302 605	4 730 000
	Екстремална температура	10	218	1 000 218	47 809 000

	Глад	34	6 087	31 607 592	89 000 000
	Наводнение	453	14 162	33 849 679	3 035 314 000
	Масово разпространение на насекоми	68		446 000	5 200 000
	Свличане на земни маси	23	528	18 304	
	Вулкан	12	2 152	461 160	
	Вълна/голяма вълна	4	312	109 913	30 000 000
	Пожар	14	120	16 710	3 500 000
	Вятърна буря	136	3 350	11 109 022	2 796 873 000
ОБЩО за Африка		1 631	700 738	386 941 073	18 789 227 000
АЗИЯ	Суша	136	3 928	1 405 215 138	13 562 391 000
	Земетресение	386	551 228	70 679 577	248 097 687 000
	Епидемия	232	44 873	6 713 931	
	Екстремална температура	103	19 080	50 711 638	5 042 887 000
	Глад	10	760	8 670 000	4 399 000
	Наводнение	1 009	131 523	2 627 676 430	161 095 953 000
	Масово разпространение на насекоми	9		200	925 000
	Свличане на земни маси	225	15 181	5 473 151	463 888 000
	Вулкан	56	1 424	2 139 814	579 149 000
	Вълна/голяма вълна	22	231 869	2 338 995	7 782 397 000
	Пожар	59	450	3 245 885	19 235 500 000
	Вятърна буря	860	251 595	564 960 864	94 765 419 000
ОБЩО за Азия		3 107	1 251 911	4 747 825 623	550 630 595 000
ЮЖНА и СЕВЕРНА АМЕРИКА	Суша	96	79	50 069 164	13 057 539 000
	Земетресение	151	43 311	11 710 574	56 647 010 000
	Епидемия	72	14 346	1 626 410	
	Екстремална температура	62	5 203	4 089 468	13 911 250 000
	Глад	2		1 003 000	
	Наводнение	609	50 366	43 119 548	51 923 597 000
	Масово разпространение на насекоми	3		2 000	104 000 000
	Свличане на земни маси	110	5 189	1 163 028	1 085 200 000
	Вулкан	49	22 005	1 229 912	1 879 022 000
	Вълна/голяма вълна	5	1 274	8 844	
	Пожар	97	155	362 617	5 566 700 000
	Вятърна буря	669	38 673	42 953 618	305 207 601 000
ОБЩО за Юж. и Сев. Америка		1 925	180 601	157 338 183	449 381 919 000
ОКЕАНИЯ	Суша	24	98	8 653 635	11 006 000 000
	Земетресение	86	585	81 287	2 507 400 000
	Епидемия	7	288	4 850	
	Екстремална температура	4	23	4 600 784	
	Наводнение	143	243	517 922	2 108 437 000
	Масово разпространение на насекоми	1			120 000 000

	Селичане на земни маси	17	431	10 615	2 466 000
	Вулкан	12	9	226 501	400 000 000
	Вълна/голяма вълна	2	2 382	9 867	
	Пожар	31	130	76 169	1 082 006 000
	Вятърна буря	215	713	5 697 606	7 277 364 000
	ОБЩО за Океания	542	4 902	19 879 236	24 503 673 000
	ОБЩО за СВЕТА	8 319	2 189 116	5 342 323 780	1 250 829 365 000

Последните години страната ни също беше сериозно засегната от станалите тежки наводнения и бури. Част от природните опасности могат да се прогнозират и това дава възможност да се изгради система за ранно оповестяване на бедствията.

Проект за система за ранно оповестяване на природни опасности и бедствия, предлагана от екип учени на Нов български университет, цели да подаде достоверна и навременна информация на потребителите и десижън-мейкърите за предстоящи природни и други бедствия на територията на страната или част от нея. Състои се от няколко мрежи /модули/, център за управление и потребители (Фиг. 1).



Фиг. 1. Принципна схема на системата за ранно оповестяване на природни бедствия

Системата може да работи автономно и приоритетно за определено събитие или район. Към нея могат да се включват нови мрежи и райони.

Мрежите за събиране на информация са няколко:

- **сеизмична** - точки, разположени на цялата територия на България, с възможност за включване в европейска единна система. Мрежата подава информация за земетресение преди усещането на труса с изключение на района в самия епицентър. Информацията достига достатъчно бързо за навременна реакция за физическо оцеляване. С насищането на нови точки за наблюдение мрежата ще извършва дългосрочни прогнози;
- **метеорологична** - ще събира и подава информация за атмосферни валежи, наводнения, градушки, залежавания, бури, урагани и др.;
- **екологична** - за мониторинг на показатели по заявка /атмосферно замърсяване, обгазяване, радиоактивност, киселинни дъждове, замърсители и др./;
- **други по заявки** – например **трафик система** за следене на транспортни средства.

Потребители на системата за ранно оповестяване на природни бедствия могат да бъдат общини, фирми, обществени институции, жилищни сгради, отделни лица, мобилни системи, атомни централи, стратегически обекти и др.

ПРИМЕРИ ЗА РАБОТА И ИЗПОЛЗВАНЕ НА СИСТЕМАТА

Потребител дадена община:

Потребителят има достъп до цялата заявена информация, показвана постоянно на монитори в оперативен център за територията на общината. Информацията се подава с оценки на събитията – нормално, внимание, опасност, бедствие. Към всяка оценка се посочва възможно решение. Например, при сигнал за валежи с оценка **“внимание”** – готовност за източване на определени водохранилища, а при сигнал **“опасност”** – сигнализира оперативни служби за започване на източване на води и евакуация на населението.

Ако липсва реакция в необходимото време, системата предприема следваща оторизирана стъпка. При сигнал **“бедствие”** системата може да подаде прогноза за нанесените щети, да препоръча необходими действия и материали. Например, при наводнение – да подаде прогнозна информация за броя на наводнените къщи, разрушени комуникации, необходимата техника и хора за реакция, лекари, фургони, одеяла, от къде да се транспортира най-бързо и т.н., включително дали да се търси допълнителна помощ от други общини.

Потребител училище:

Училището получава информация за земетресение, обгазяване, бури, залежаване и т.н. На база на тези прогнози училищната администрация разработва адекватни и навременни планове за реакция при съответното бедствие.

Потребител отделно лице:

Абонираното лице (потребител) получава информация за земетресение, наводнение, залежаване, трафик, градушка, обгазяване и т.н. На база полученото предупреждение потребителят има шанс за физическо оцеляване, да вземе решение и да предприеме адекватни действия за намаляване на материалните щети от съответното бедствие.

Стойността на една подобна система зависи от броя модули и какви природни бедствия покрива. Системата може да заработи за около една година и да се самоиздържа след 1–2 години. Изграждането може да стане модулно и да се привличат за допълнително финансиране различни потребители.

Тя може да се изгради за една-две години и би могла да се самоиздържа чрез абонаменти на общини, предприятия, учреждения, физически лица и др.

Негативи: колкото и да е съвършена и добре изградена поне в началото системата не може да даде 100% гаранция за всички опасности.

Система с принципно същото действие вече е изградена в Япония и работи добре. През 2007 г., пак Япония, пусна в действие и Център за метеорологични прогнози за 30 години напред с точност няколко часа за територия до 5 кв. км. за цялото земно кълбо.

В Скандинавските страни, работят системи, насочени към метеорологичните условия по пътищата: наличие на заледени участъци, участъци с намалена видимост поради мъгла или друга причина и т.н. Системите посочват координатите на проблемните участъци.

Последните години показаха необходимостта от подобна система. Натрупаните научни факти и технически възможности позволяват тя да бъде изградена, да функционира нормално и да извършва необходимата превенция. Наличието ѝ, освен в чисто социален положителен психологически ефект, би икономисала огромни средства за преодоляване на последиците от природните бедствия.

Литература:

1. Б е р б е р о в а Р., М. М е н к о в. Екология на града и качество на живот, Сборник с доклади от “Научна конференция с международно участие “Висше строително училище „Л. Каравелов” 2007, том 2, с. VI – 15-19, С.
2. Б е р б е р о в а Р., Р. Г ю р о в, Х. Х а р и з а н о в, 2006, Система за ранно оповестяване на природни бедствия, Сборник с доклади от VI-ти международен симпозиум “Екология – устойчиво развитие”, Враца, с. 280-283,
3. Г ю р о в Р. Мегаполисите създават проблеми, сп. Екология 21, I-II, 2007, с. 47-49
4. З а г о р о в О., Я. Н а й д е н о в, 1999, Социална екология, Славянски университет, УИ „Св. Кл. Охридски”, С.
5. М а р д и р о с я н Г. Природни бедствия и екокатастрофи – изучаване, защита, превенция. Акад. Издат. „Проф. М. Дринов”, София, 2007.
6. Н а й д е н о в Я., Б. З а х а р и н о в, 2006, Актуални аспекти на екологическата сигурност, изд. ПъблишСайСетЕко, С.
7. Състоянието на планетата, Доклад на института Уърлдуоч за напредъка към устойчиво развитие, Книжен тигър, С., 2003, с. 181-203
8. ADRC. Natural Disasters Data Book 2005, Asian Disaster Reduction Center, 2006
9. G u r o v R., B. R a n g u e l o v. The corkscrew theory – a new mechanism of the solid Earth geodynamics, Rotational processes in geology and physics, Geological faculty of Lomonosov Moscow State university, Istitute of Volcanology and Seismology, Far division Russian Academy of science, M., URSS, 2007, p. 411-431
10. United Nations Hight Commisioner for Refugges (UNHCR) The State of the World's Refugges 1995 (New Yourk: Oxford Nations Press 1995)
11. Z i n g a r e l l i N., Vocabolario della lingua italiana, Zanichelli, 12 ed., 1998, p.367

ГИС ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КРИТИЧНАТА ЕНЕРГИЙНА ИНФРАСТРУКТУРА

Миглена Кузманова

ESRI - България, докторант в СУ „Св. Кл. Охридски”

GIS FOR MANAGING CRITICAL POWER INFRASTRUCTURE

Miglena Kuzmanova

*ESRI - Bulgaria, PhD student at St. Kliment Ohridski University of Sofia
e-mail: kuzmanova@esribulgaria.com; miggllle@yahoo.com*

Keywords: GIS, critical infrastructure, visualization

Abstract: Managing the critical infrastructure i.e. power infrastructure is becoming issue of bigger importance during the last years both to the state authorities and the private utility companies. GIS (Geographic Information Systems) technology provides powerful means for all critical infrastructure management processes – Planning, Mitigation, Preparation, Response, and Recovery. This paper is focused on the benefits that GIS provides in these processes giving an overview of the tools that GIS provides for gathering, storing, visualization, and analysis of critical power infrastructure related geospatial information.

The paper also outlines some of the use cases for spatial and network analysis that provides both state authorities and the private utility companies with the possibility to share data and make informed decisions.

Резюме: Управлението на критична инфраструктура в т.ч. и енергийна инфраструктура се превърна във въпрос от изключително значение в последните години както за държавната власт така и за частните ютилити компании. ГИС (Географски Информационни Системи) технологията предоставя мощни средства за подобряване на всички процеси в управлението на критична инфраструктура – планиране, смекчаване, подготовка, отговор и възстановяване. Този доклад се фокусира върху ползите от използване на ГИС в тези процеси, предоставяйки преглед на инструментите на ГИС за събиране, съхраняване, обработка, и анализ на свързаната с критичната инфраструктура геопространствена информация.

Докладът също така маркира основните средства, които ГИС предоставя както на държавната власт така и на частния сектор за обмен на данни и взимане на по-добри информирани решения.

1. Актуалност и същност

Още Чл. 2. от Закона за енергетиката на Република България, поставящ основните цели на българската енергетика, дефинира сигурността като основна цел пред държавната политика в този сектор, а именно:

„... (1) 1. качествено и сигурно задоволяване потребностите на обществото от ...енергия...”

„... (2) Производството, вносът, износът, преносът, транзитният пренос, разпределението и търговията с електрическа и топлинна енергия и природен газ се извършват при гарантиране защитата на живота и здравето на гражданите, собствеността, околната среда, интересите на потребителите и националните интереси. „

Мисията по опазване сигурността на критичната енергийна инфраструктура включва физическите, както и кибер елементите на инфраструктурата, а също и взаимовръзките между различните й елементи и взаимозависимостите с другите критични национални инфраструктурни елементи.

За изпълнението на тази мисия трябва да бъдат идентифицирани и използвани всички необходими ресурси – технологии, данни, процедури и хора. ГИС обхваща в голяма степен всички от тях като предоставя основа за успешното управление на критичната инфраструктура.

Европейската проекто-директива за идентифициране и предпазване на критичната инфраструктура дефинира следните понятия:

- a) "Критична инфраструктура" - активи или части от актив, които са основни за поддръжката на ключови функции на обществото, включително здравеопазване, сигурност, икономическо и социално благополучие;
- b) "Европейска критична инфраструктура" - критична инфраструктура, чиято нарушена дейност или разрушаване значително ще се отрази на поне две страни-членки на ЕС или на една страна, при положение, че самата инфраструктура се намира на територия на друга държава. Това също така включва и ефекти в резултат от между-секторни зависимости между различни видове инфраструктури.
- c) "тежест" на последиците - тези последици от прекъсване или разрушение на определена инфраструктура, които имат:

- Обществен ефект (засегнати брой членове на обществото);
- Икономически ефект (значение на икономическите загуби или разрушаването на продукти и услуги);
- Ефект върху общественото здраве;
- Ефект върху околната среда;
- Политически ефект;
- Психологически ефект;

Чрез изготвянето на стратегическата програма за опазване на европейската критична инфраструктура и проекто-директивата, Европейската комисия не само дефинира нуждите и отговорностите при управлението на критичната инфраструктура, но също така дава насоки на страните-членки за единни действия като насочва вниманието основно върху терористичните заплахи.

2. Европейски контекст. Геополитическата роля на България

Като един от най-големите вносители на петрол, газ и въглища, Европейският съюз се явява основен играч на международния енергиен пазар. И все пак, страните членки сравнително самостоятелно определят външната си енергийна политика, което ограничава възможностите на ЕС за влияние. Приетите цели за създаване на единен енергиен пазар на ЕС допълнително засилват енергийните взаимозависимости между страните-членки, макар такива да съществували и преди. Оценката на критичната важност на производството, преноса, разпределението или снабдяването с електроенергия например вече излиза извън рамките на една държава.

С реализирането на проектите „Южен поток“ и „Бургас – Алаксандрополис“, тръбопроводната инфраструктура на територията на България се превръща в критична не само за страната ни, но и за снабдяването в Европа. Същото важи и за проекта АЕЦ „Белене“. Обектите на производството на електроенергия, се явяват както потенциално опасни обекти, така и като потенциално уязвими на природни или човешки разрушителни влияния. За оценката на уязвимостта за които се използва ГИС технология за интегриран анализ на резултати от различни тематични анализи (сеизмичност, достъп до води, и т.н.)

3. Елементи на УКИ

В управлението на критична инфраструктура (УКИ), основни са следните елементи:

- Инфраструктурата
- Заплахи
- Хора
- Политики и процедури
- Време

ГИС технологиите предоставят средства за управление на всички елементи и тяхното ефективно взаимодействие.

Да разгледаме ролята на ГИС при управление на всички елементи от УКИ последователно:

1. Инфраструктура

При разглеждането на електроенергийна инфраструктура, ние включваме следните елементи:

Физични елементи

- Генератори
- Подстанции
- Трансформатори
- Електропроводи
- Контролни центрове
- Складове / оборудване, резервни части.. /
- Офис сгради
- Вътрешни и външни зависимости

Кибер елементи

- SCADA система
- Мрежа
- Бази данни
- Бизнес системи (търговска, счетоводна, ...)
- Телекомуникации
- Взаимозависимости

ГИС е базова технология за изграждане на кадастър на съоръженията, система за управление на поддръжката, фасилити мениджмънт, полеви дейности и т.н., който процеси от своя страна са база за процесите на предпазване на инфраструктурата от вреди.

От друга страна, ГИС се явява и интегрираща горепосочените бизнес процеси с някои от основните бизнес системи (SCADA, ERP, billing,...), което също подпомага по-ефективното предпазване на инфраструктурата.

2. Заплахи

ГИС технологията се използва за анализ на риска, оценка на уязвимостта, оценка на потенциалното въздействие, анализ на взаимозависимостите.

3. Хора

В случая разглеждаме от една страна хората, които управляват инфраструктурата и участват в процесите на УКИ, а от друга страна и населението като потенциално уязвимо.

Чрез възможностите на ГИС за обмен на геореферирана информация, за работа с отдалечени бази данни, за "mush-up" на данни и процеси, се предоставя среда за подпомагане взаимодействието между организациите, отговорни за управление на криза от определен характер и размер (Гражданска защита, Кризисен център на централно ниво, Кризисен щаб в кметство, Пожарна, Оператор на инфраструктурата и т.н.)

Системите за ранно предупреждение, базирани на геотехнологията, също са основно средство за ограничаване размерите на щетите.

Същевременно чрез публикуване на карти и данни в Интернет за публичен достъп, населението бива информирано за статуса на събитието, за потенциални опасности, както и от друга страна могат да бъдат ограничени нежелани обществени реакции.

4. Политики и процедури

За да се правят политики, програми и планове в която и да е област на икономическия живот, включително и за управление на критична инфраструктура, е необходимо да се направи анализ на сегашното състояние, целевото и съответно да се начертаят мерките за достигането му.

И на трите етапа ГИС технологията подпомага вземащите решения като предоставя възможност за събиране, анализ и визуализация на информация от различни демейни, различни източници, както и различни формати. ГИС подпомага както стратегическото, така и тактическо и оперативно планиране в областта на управление на кризи и УКИ.

Чрез средствата си за проследяване на промените, обвързани с местоположението, ГИС дава възможност и за мониторинг изпълнението на предприетите планове и програми.

5. Време

Поддържайки историческите промени и предоставяйки информация за актуалните тенденции за развитието на даден природен феномен или статистическа информация за човешки грешки

например, ГИС може да повиши степента на подготвеност на организациите, имащи отговорности в УКИ.

Чрез средствата си за пространствено, 3D и др. моделиране, ГИС дава отговор на задачи от висока трудност, свързани с планирането на ресурси. Също така и подпомага подготовката и повишава професионалните умения на оперативния персонал чрез симулации и моделиране на събития, последствия, териториалното и времево развитие например на наводнение, свлачище и т.н.

4. Процеси

ГИС подпомага както всички елементи, така и всички процеси от УКИ:

а) Планиране

Планирането включва идентифициране на критичната инфраструктура и анализ на риска. За идентифицирането следва да се използват установените критерии за критичност /важност/ на елементите на инфраструктурата, както и да се приоритизират на база на критериите. За изпълнение на задачата се използва ГИС и ГИС анализи за оценка на критериите, както и след идентифицирането за събиране, съхранение, управление, актуализиране и анализ на информация свързана с конкретната инфраструктура.

Анализът на риска е важна задача, която се подпомага както от ГИС така и от специализирани информационни технологии в областта на риск мениджмънт, които се интегрират с ГИС.

В този процес се включва използването на ГИС за моделиране и симулиране на събития, за оценка на близостта или попадането на критична инфраструктура в определени зони (на наводнения, пожари), и др.

б) Смекчаване

Смекчаването е следващият по ред процес в управлението на критична инфраструктура след като са извършени идентификацията и анализ на риска.

Използването на ГИС в процесите на смекчаване предоставя точни и ефикасни решения за локализиране на ресурси, за алокиране на инфраструктура, за изграждане на бариери на подходящите места и др.

в) Подготовка

Тъй като успехът на взимането на решения и действията по време на критично събитие зависят основно от наличието на актуална и релевантна информация, в процеса на подготовка е важно управлението на геобазирани данни и оперативната им съвместимост в рамките на различните организации.

г) Реакция

По време на кризисно събитие ГИС технологията се използва за интегриране на ресурсите (данни, хора, процедури) и подпомагане оперативните действия във всички области

- Финанси – първоначална оценка на влиянието и загубите; териториално разпределение на разходите за овладяване на кризата, както и краткосрочните възстановителни дейности
- Логистика – управление на маршрутите, препятствията, евакуацията, и т.н.
- Оперативни – локиране на ресурси,
- Енергийни – посредством мрежови анализи (upstream и downstream) оценка на загубите, анализ на възможните включвания
- Гражданска защита – обща оперативна картина
- Информирание на обществеността – публичност
- Международни – анализ на зависимостите

д) Възстановяване

Краткосрочното възстановяване може да бъде показано на картата и бързо актуализирано от и за взимашите решения отдалечено. Това е особено полезно при по-големи кризи, когато действията по възстановяване са локирани на много места. ГИС е основната технология за да се разбере обхвата, сложността и тежестта на ситуацията, както и да се разграничат наличните активи от тези, които са унищожени или частично повредени. Информацията за това може да бъде актуализирана и отдалечено от местата на повредите чрез ГИС приложенията за мобилни устройства.

Дългосрочното възстановяване означава възстановяване на всички услуги към нормалното или по-добро състояние. Възстановяване на сгради, съоръжения и т.н. може да отнеме години. ГИС

приоритезира процесите по възстановяването, оптимизира разходите и подобрява мониторинга на дейностите.

Споделяне на данни

Споделянето на данни на ютилити предприятията с администрацията и с другите предприятия е от първостепенно значение за управлението на бедствия и аварии. ГИС предоставя платформата за споделяне на данните и на базата на данните може да:

- Оцени риска за населението и всички видове инфраструктури.
- Изгради специфични смекчаващи/ предпазващи планове.
- Определи скалата на бедственото положение.
- Изчисли скоростта на разпространение или разрастване
- Идентифицира и евакуира изложеното на риск население
- Ускори и насочи спасителните действия.
- Предостави точна и своевременна оценка на щетите.
- Приоритизира действията по възстановяване.

5. Заключение

Опазването на критичната енергийна инфраструктура на България се превръща във важен въпрос не само за националната сигурност и енергийна стабилност, но и в рамките на ЕС.

Географските информационни системи и свързаните технологии подпомагат както по-ефективното всекидневно оперативное управление на инфраструктурата и свързаните с нея дейности, така и стратегическото ѝ управление и опазване. С мощните средства, които предоставя за пространствен, 3D, мрежови и анализ, ГИС подпомага взимането на информирани решения в кризисни ситуации. С изграждането на ГИС също така се постига възможност за взаимодействие между организациите и по-висока информираност на населението.

Литература

1. Закон за енергетиката. Държавен вестник, бр. 74 от 2006 г.
2. Scallan R. GIS for Environmental Management. ESRI Press. Redlands, California. 2005.

EFFECTS OF GREENHOUSE GASES ON EARTH AND ATMOSPHERE HEATING

Vangelica Jovanovska¹, Nikola Hristovski¹, Nikola Jovanovski²

¹Faculty of Biotechnical Sciences – Bitola

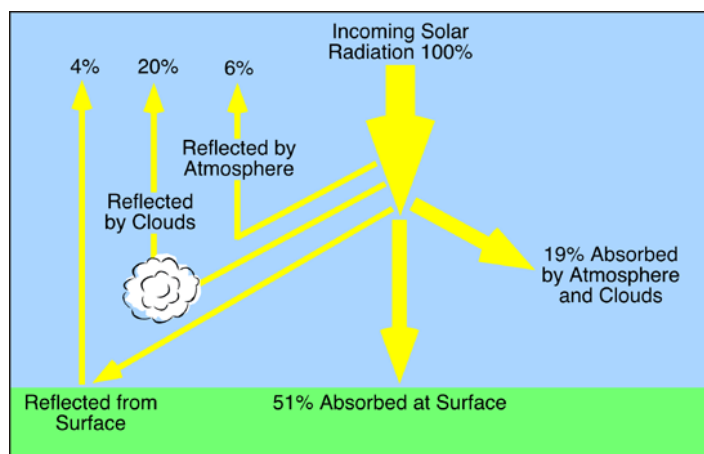
²Tim Jugoelektro-Bitola, Macedonia

e-mail: vangelicaj@yahoo.com ;dimitra@mt.net.mk;
timjugo@mt.net.mk;jovanovskinkl@yahoo.com

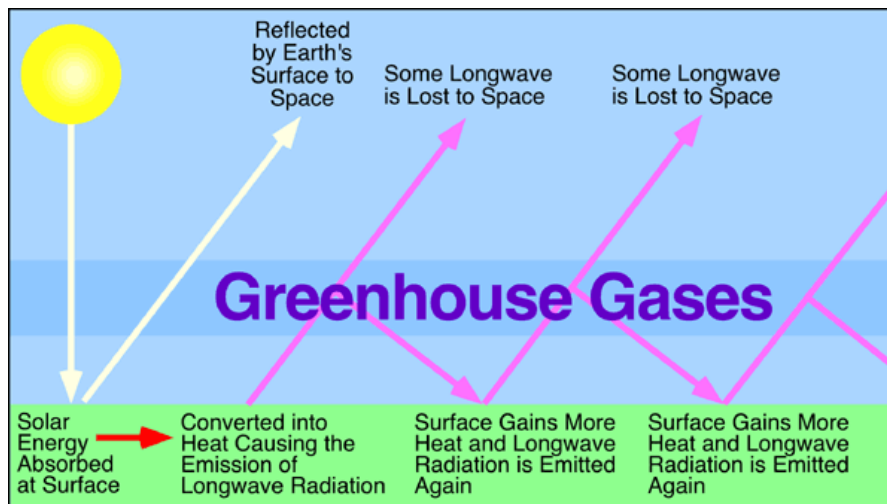
Keywords: Greenhouse gases, carbon dioxide, water vapor, methane.

Abstract: The greenhouse effect is a naturally occurring process that aids in heating the Earth's surface and atmosphere. It results from the fact that certain atmospheric gases, such as **carbon dioxide**, water vapor, and **methane**, are able to change the energy balance of the planet by absorbing **long-wave radiation** emitted from the Earth's surface. Without the greenhouse effect life on this planet would probably not exist as the average temperature of the Earth would be a chilly -18° Celsius, rather than the present 15° Celsius. As energy from the sun passes through the atmosphere a number of things take place.

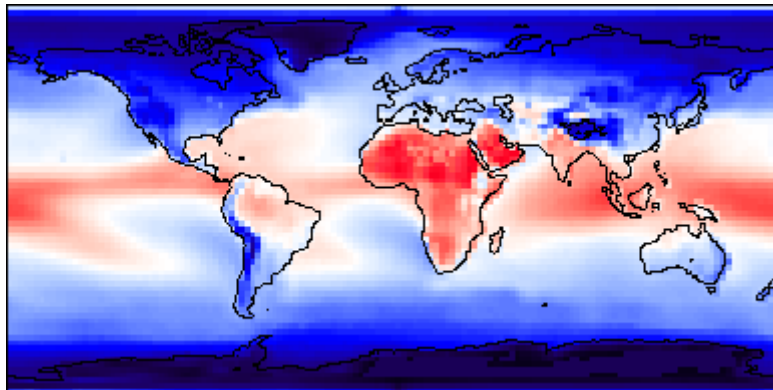
The greenhouse effect is a naturally occurring process that aids in heating the Earth's surface and atmosphere. It results from the fact that certain atmospheric gases, such as carbon dioxide, water vapor, and methane, are able to change the energy balance of the planet by absorbing long-wave radiation emitted from the Earth's surface. Without the greenhouse effect life on this planet would probably not exist as the average temperature of the Earth would be a chilly -18° Celsius, rather than the present 15° Celsius. As energy from the sun passes through the atmosphere a number of things take place. A portion of the energy (26 % globally) is reflected or scattered back to space by clouds and other atmospheric particles. About 19 % of the energy available is absorbed by clouds, gases (like ozone), and particles in the atmosphere. Of the remaining 55 % of the solar energy passing through the Earth's atmosphere, 4 % is reflected from the surface back to space. On average, about 51 % of the sun's radiation reaches the surface. This energy is then used in a number of processes, including the heating of the ground surface; the melting of ice and snow and the evaporation of water; and plant photosynthesis.



The heating of the ground by sunlight causes the Earth's surface to become a radiator of energy in the long-wave band (sometimes called infrared radiation). This emission of energy is generally directed to space.



However, only a small portion of this energy actually makes it back to space. The majority of the outgoing infrared radiation is absorbed by the greenhouse gases



Absorption of long-wave radiation by the atmosphere causes additional heat energy to be added to the Earth's atmospheric system. The now warmer atmospheric greenhouse gas molecules begin radiating long-wave energy in all directions. Over 90 % of this emission of long-wave energy is directed back to the Earth's surface where it once again is absorbed by the surface. The heating of the ground by the long-wave radiation causes the ground surface to once again radiate, repeating the cycle described above, again and again, until no more long-wave is available for absorption. The amount of heat energy added to the atmosphere by the greenhouse effect is controlled by the concentration of greenhouse gases in the Earth's atmosphere. All of the major greenhouse gases have increased in concentration since the beginning of the Industrial Revolution. As a result of these higher concentrations, scientists predict that the greenhouse effect will be enhanced and the Earth's climate will become warmer. Predicting the amount of warming is accomplished by computer modeling. Computer models suggest that a doubling of the concentration of the main greenhouse gas, carbon dioxide, may raise the average global temperature between 1 and 3° Celsius. However, the numeric equations of computer models do not accurately simulate the effects of a number of possible negative feedbacks. For example, many of the models cannot properly simulate the negative effects that increased cloud cover would have on the radiation balance of a warmer Earth. Increasing the Earth's temperature would cause the oceans to evaporate greater amounts of water, causing the atmosphere to become cloudier. These extra clouds would then reflect a greater proportion of the sun's energy back to space reducing the amount of solar radiation absorbed by the atmosphere and the Earth's surface. With less solar energy being absorbed at the surface, the effects of an enhanced greenhouse effect may be counteracted. A number of gases are involved in the human caused enhancement of the greenhouse effect. These gases include: carbon dioxide (CO_2); methane (CH_4); nitrous oxide (N_2O); chlorofluorocarbons (CF_xCl_x); and troposphere ozone (O_3). Of these gases, the single most important gas is carbon dioxide which accounts for about 55 % of the change in the intensity of the Earth's greenhouse effect. The contributions of the other gases are 25 % for chlorofluorocarbons, 15 % for methane, and 5 % for nitrous oxide. Ozone's contribution to the enhancement of greenhouse effect is still yet to be quantified.

Greenhouse Gas	Concentration 1750	Concentration 2003	Percent Change	Natural and Anthropogenic Sources
Carbon Dioxide	280 ppm	376 ppm	34 %	Organic decay; Forest fires; Volcanoes; Burning fossil fuels; Deforestation; Land-use change
Methane	0.71 ppm	1.79 ppm	152 %	Wetlands; Organic decay; Termites; Natural gas & oil extraction; Biomass burning; Rice cultivation; Cattle; Refuse landfills
Nitrous Oxide	270 ppb	319 ppb	18 %	Forests; Grasslands; Oceans; Soils; Soil cultivation; Fertilizers; Biomass burning; Burning of fossil fuels
Chlorofluorocarbons (CFCs)	0	880 ppt	Not Applicable	Refrigerators; Aerosol spray propellants; Cleaning solvents
Ozone	Unknown	Varies with latitude and altitude in the atmosphere	Global levels have generally decreased in the stratosphere and increased near the Earth's surface	Created naturally by the action of sunlight on molecular oxygen and artificially through photochemical smog production

Average concentrations of atmospheric carbon dioxide in the year 2005 were about 380 parts per million. Prior to 1700, levels of carbon dioxide were about 280 parts per million. This increase in carbon dioxide in the atmosphere is primarily due to the activities of humans. Beginning in 1700, societal changes brought about by the Industrial Revolution increased the amount of carbon dioxide entering the atmosphere. The major sources of this gas include fossil fuel combustion for industry, transportation, space heating, electricity generation and cooking; and vegetation changes in natural prairie, woodland, and forested ecosystems. Emissions from fossil fuel combustion account for about 65 % of the extra carbon dioxide now found in our atmosphere. The remaining 35 % is derived from deforestation and the conversion of prairie, woodland, and forested ecosystems primarily into agricultural systems. Natural ecosystems can hold 20 to 100 times more carbon dioxide per unit area than agricultural systems. Artificially created chlorofluorocarbons are the strongest greenhouse gas per molecule. However, low concentrations in the atmosphere reduce their overall importance in the *enhancement* of the greenhouse effect. Current measurements in the atmosphere indicate that the concentration of these chemicals may soon begin declining because of reduced emissions. Reports of the development of ozone holes over the North and South Poles and a general decline in global stratospheric ozone levels over the last two decades has caused many nations to cutback on their production and use of these chemicals. In 1987, the signing of the Montreal Protocol agreement by forty-six nations established an immediate timetable for the global reduction of chlorofluorocarbons production and use. Since 1750, methane concentrations in the atmosphere have increased by more than 150 %. The primary sources for the additional methane added to the atmosphere (in order of importance) are rice cultivation, domestic grazing animals, termites, landfills, coal mining, and oil and gas extraction. Anaerobic conditions associated with rice paddy flooding results in the formation of methane gas. However, an accurate estimate of how much methane is being produced from rice paddies has been difficult to obtain. More than 60 % of all rice

paddies are found in India and China where scientific data concerning emission rates are unavailable. Nevertheless, scientists believe that the contribution of rice paddies is large because this form of crop production has more than doubled since 1950. Grazing animals release methane to the environment as a result of herbaceous digestion. Some researchers believe the addition of methane from this source has more than quadrupled over the last century. Termites also release methane through similar processes. Land-use change in the tropics, due to deforestation, ranching, and farming, may be causing termite numbers to expand. If this assumption is correct, the contribution from these insects may be important. Methane is also released from landfills, coal mines, and gas and oil drilling. Landfills produce methane as organic wastes decompose over time. Coal, oil, and natural gas deposits release methane to the atmosphere when these deposits are excavated or drilled. The average concentration of nitrous oxide in the atmosphere is now increasing at a rate of 0.2 to 0.3 % per year. Sources for this increase include land-use conversion; fossil fuel combustion; biomass burning; and soil fertilization. Most of the nitrous oxide added to the atmosphere each year comes from deforestation and the conversion of forest, savanna and grassland ecosystems into agricultural fields and rangeland. Both of these processes reduce the amount of nitrogen stored in living vegetation and soil through the decomposition of organic matter. Nitrous oxide is also released into the atmosphere when fossil fuels and biomass are burned. However, the combined contribution of these sources to the increase of this gas in the atmosphere is thought to be minor. The use of nitrate and ammonium fertilizers to enhance plant growth is another source of nitrous oxide. Accurate measurements of how much nitrous oxide is being released from fertilization have been difficult to obtain. Estimates suggest that the contribution from this source may represent from 50 % to 0.2 % of nitrous oxide added to the atmosphere annually.

Ozone's role in the enhancement of the greenhouse effect has been difficult to determine scientifically. Accurate measurements of past long-term (more than 25 years in the past) levels of this gas in the atmosphere are currently unavailable. Concentrations of ozone gas are found in two different regions of the Earth's atmosphere. The majority of the ozone (about 97 %) found in the atmosphere is localized in the stratosphere at an altitude of 15 to 55 kilometers above the Earth's surface. In recent years, the concentration of the stratospheric ozone has been decreasing because of the buildup of chlorofluorocarbons in the atmosphere. Since the late 1970s, scientists have discovered that total column ozone amounts over Antarctica in the springtime have decreased by as much as 70 %. Satellite measurements have indicated that the zone from 65° North to 65° South latitude has had a 3 % decrease in stratospheric ozone since 1978. Ozone is also highly concentrated at the Earth's surface. Most of this ozone is created as an artificial by product of photochemical smog. In summary, the greenhouse effect causes the atmosphere to trap more heat energy at the Earth's surface and within the atmosphere by absorbing and re-emitting long-wave energy. Of the long-wave energy emitted back to space, 90 % is intercepted and absorbed by greenhouse gases. Without the greenhouse effect the Earth's average global temperature would be -18° Celsius, rather than the present 15° Celsius. In the last few centuries, the activities of humans have directly or indirectly caused the concentration of the major greenhouse gases to increase. Scientists predict that this increase may *enhance* the greenhouse effect making the planet warmer. Some experts estimate that the Earth's average global temperature has already increased by 0.3 to 0.6° Celsius, since the beginning of this century, because of this enhancement. Predictions of future climates indicate that by the middle of the next century the Earth's global temperature may be 1 to 3° Celsius higher than today.

References:

1. Heffel J.W., J.M. Norbeck, C.S. Park, P.B. Scott, (1999). Development of a Variable Blend Hydrogen-Natural Gas Internal Combustion Engine. Part 1--Sensor Development. *Other Documents and Presentations*. 1999-01-2899, SAE Future Transportation Technology Conference, Costa Mesa, CA, August 1999.
2. Norbeck J.M., J.W. Heffel, C.S. Park, P.B. Scott, (1999). Development of a Variable Gaseous Fuels Engine to Facilitate Penetration of Hydrogen in the Transportation Sector. *Other Documents and Presentations*. Draft Final Report to the California Energy Commission under Contract DE-FG51-96R020762. 98-AV-RT2F-004-DFR. January.
3. Pisano J.T., C.G. Sauer, J. Robbins, Miller, J. Wayne, H. Gamble, T. Durbin, (2003). A UV-Differential Optical Absorption Spectrometer for the Measurement of Sulfur Dioxide Emissions from Vehicles. *Measurement Science and Technology*. 14, 1-7
4. Smith M.R., T. Durbin, J.M. Norbeck, T.J. Truex, (1999). South Coast Air Quality Management District Inventory of Alternative-Fuel Vehicles (AFVs) and AFV Comparison: OEM vs. Retrofits. *Other Documents and Presentations*. 9th Coordinating Research Council On-Road Vehicle Emissions Workshop, San Diego, CA. April.
5. Carter W.P.L., M.R. Smith, D. Luo, I.L. Malkina, T.J. Truex, J.M. Norbeck, (1998). Experimental Evaluation of Ozone Forming Potentials of Motor Vehicle Emissions. *Other Documents and Presentations*.

Presentations. Final Report to the California Air Resources Board under Contract 95-903 and South Coast Air Quality Management District under Contract 95073/Project 4, Phase 2. December 6. 98-AP-RT63-003-FR.

6. Norbeck J.M., K.C. Johnson, N.C. Hill, (1997). Demonstration and Evaluation of a Solar Hydrogen Production Facility for Surface Transportation. Proceedings of the 1997 World Car Conference. January, pp. Riverside, CA
7. Rodriguez-Forker A., J.P. Uihlein, J.S. Segal, G.M. Sverdrup, J.P. Seymour, J.G. Kinateder, A. Pierce, T. Durbin, (1998). Fleet Test Using Butane and Propane Mixtures. In Alternative Fuels 1998. Society of Automotive Engineers Technical Publication SP-1391.

WEB-БАЗИРАН МОНИТОРИНГ НА АТМОСФЕРНИТЕ ЗАМЪРСЯВАНИЯ В РАЙОНА НА ОБЩИНА СТАРА ЗАГОРА НА БАЗАТА НА СПЪТНИКОВИ ДАННИ

**Румен Недков, Евгения Руменина, Лъчезар Филипов, Пламен Христов, Мария Димитрова,
Мариана Захаринова, Ваня Найденова, Георги Желев, Даниела Бонева**

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: asic@space.bas.bg*

Ключови думи: мониторинг, спътникови данни, атмосферно замърсяване.

Резюме: Отделянето на вредни газове при различни промишлени процеси предизвиква замърсявания в планетарния граничен слой. При производството на електроенергия от топло-електрически централи, разположени в региона на община Стара Загора, се емитира серен диоксид, което се дължи на изгарянето на нискокачествени въглища. Серният диоксид и другите малки компоненти при този процес (фини прахови частици, азотен диоксид, сероводород, въглероден оксид и др.), образуват кондензационни ядра и предизвикват атмосферни замърсявания в посочения по-горе регион.

В течение на три години се извършва ежедневен web-базиран мониторинг в региона на община Стара Загора на базата на данни от спътници, включени в системата MODIS (Terra, Aqua и Aura).

В настоящата работа е представена методиката и резултатите от мониторинга.

Атмосферните замърсявания са сериозен негативен фактор, който предизвиква индуцирането на различни по своя характер и мащаби отрицателни биологични ефекти, които са сериозна заплаха за здравето на човека и за нормалното функциониране на екосистемите. Производството на електроенергия от топло-електрическите централи, разположени в региона на община Стара Загора, е свързано с отделянето на вредни газови емисии, които предизвикват замърсяване на атмосферата.

При мониторинг на атмосферни замърсявания на конкретни региони от територията на България се следи динамиката на процесите, които се разпространяват на десетки, а понякога и на стотици километри. Разпространяването на замърсяването в приземния граничен слой има относително кратковременен характер. Това означава, че то възниква в определен момент от време и за сравнително кратък интервал се разпространява (обикновено от няколко часа, ако източникът на замърсяване излъчва вредни емисии в определени времеви моменти), след което се разсейва. Динамиката на разпространение и разсейване зависи от конкретни параметри на приземния граничен слой, като посока и скорост на вятъра, температура, атмосферно налягане, влажност, роза на ветровете.

В този случай, за извършване на мониторинг на атмосферните замърсявания, е необходима информация с висока времева разделителна способност. Това означава, че данните, които постъпват за динамиката на атмосферното замърсяване, трябва да бъдат с много висока честота. Такива са данните от автоматизирани измервателни станции (АИС), които са разположени в района на замърсяването. Тези данни представляват точкови измервания, което означава, че информацията получена от тях е локална и на нейна база не може да се извърши обективна оценка за ареала на разпространението на замърсяването. Този недостатък може да бъде отстранен като се използват спътникови данни (фиг. 1, 2 и 3) във вид на изображения и профили, които съдържат информация за размерите и разпространението на атмосферното замърсяване в режим на реално време.

Проблемите, които са свързани с провеждането на мониторинга на атмосферните замърсявания са следните:

- ✓ установяване на източника на замърсяване;
- ✓ характера на замърсяване;
- ✓ честотата на замърсяванията;
- ✓ размерите на замърсената област.

От 2005 г. в ИКИ-БАН се извършва ежедневен мониторинг на атмосферните замърсявания в региона на община Стара Загора. За целта, на базата на получаваната в режим на реално и близко до реалното време спътникова и наземна информация е разработена методика за WEB-базиран мониторинг на региона.

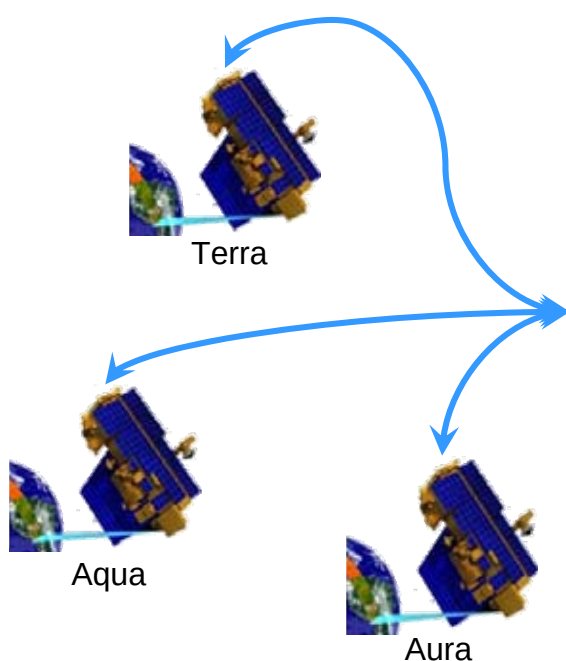
**МОНИТОРИНГ НА АТМОСФЕРНО ЗАМЪРСЯВАНЕ НА
ВЪЗДУШНИТЕ БАСЕЙНИ НАД НАСЕЛЕНИ МЕСТА И КРУПНИТЕ
ПРОМИШЛЕНИ ЦЕНТРОВЕ**



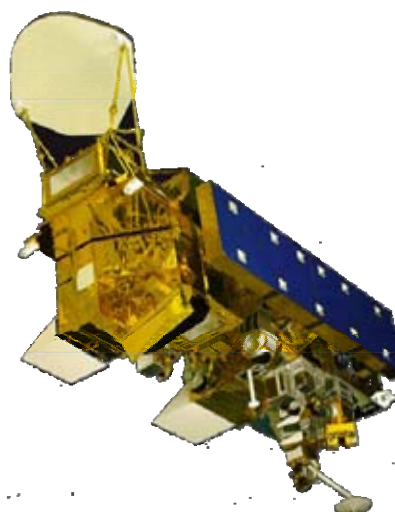
АТМОСФЕРНО ЗАМЪРСЯВАНЕ

Фиг. 1

Разработената за целите на мониторинга методика се базира на комплексен подход на съвместяване на спътникови и наземни данни от автоматизирани измерителни станции с много висока времева разделителна способност. Тя дава възможност да се постигне висока точност и обективност. При този подход, след получаване и съответната обработка на спътниковите и наземните данни, се постига по-висока точност и обективност при оценката на динамиката на разпространение на атмосферните замърсявания в съответния район.



Спътници от системата MODIS



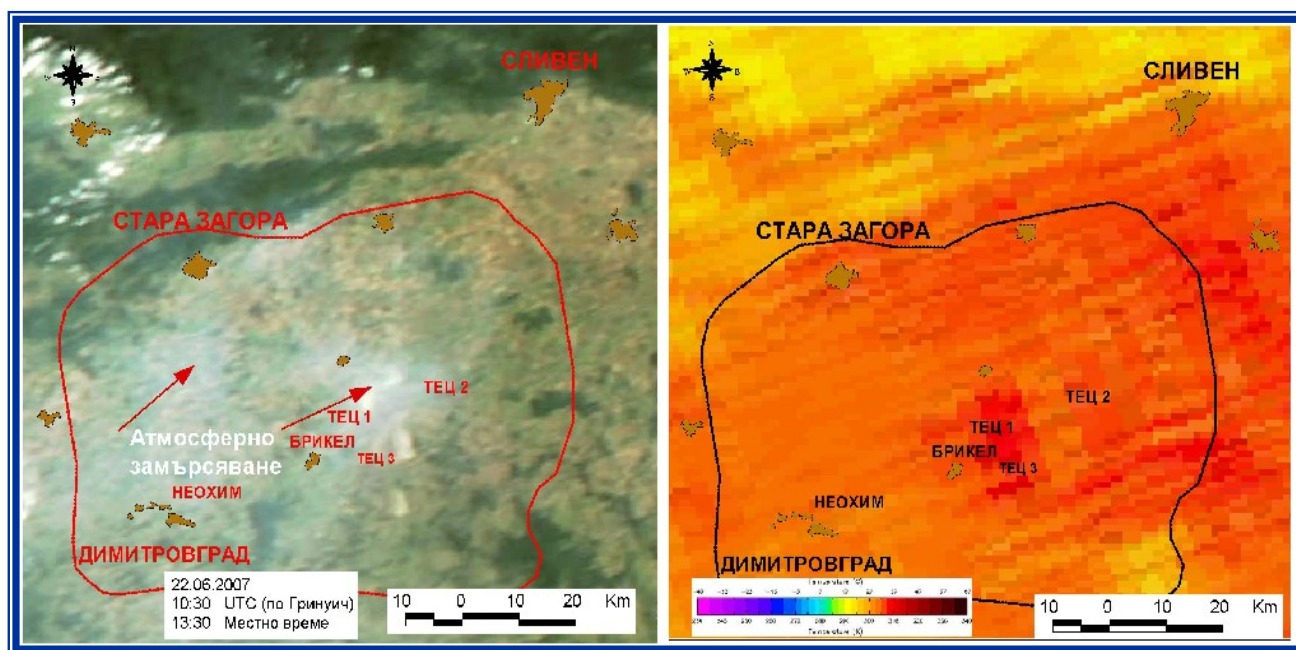
Фиг. 2

В качеството на спътникова информация се използват данни от сензорите (спектрорадиометри) на платформите Terra (Земя), Aqua (Вода) и Aura (Атмосфера) на системата MODIS от програмата EOS (Earth Observation System) (фиг. 2). Те имат редица преимущества:

- ✓ Данните от сензорите на Terra и Aqua са хиперспектрални (36 канала), предназначени за наблюдение на земната и водната повърхност. Данните от сензорите на Aura дават информация за концентрацията на конкретни малки газови компоненти, които съществуват в атмосферата. Те практически обхващат целия оптичен диапазон и се различават по пространствена разделителна способност, която е описана с фиксирани стойности в редицата: 250m, 500m, 1000 m [1].
- ✓ Информацията се получава два пъти през деня от два различни спътника. Честотата на повторение на сканирането за всяка платформа е два пъти за 24 часа. Спътниците са в надир над една и съща точка от земната повърхност един път на 16 дни. Използват се изображенията, заснети в интервала от 08:00 UTC до 13:00 UTC.
- ✓ Размерът на изображенията е 2330 x 2330 km, което дава възможност за следене на достатъчно големи по своя мащаб и размери области.

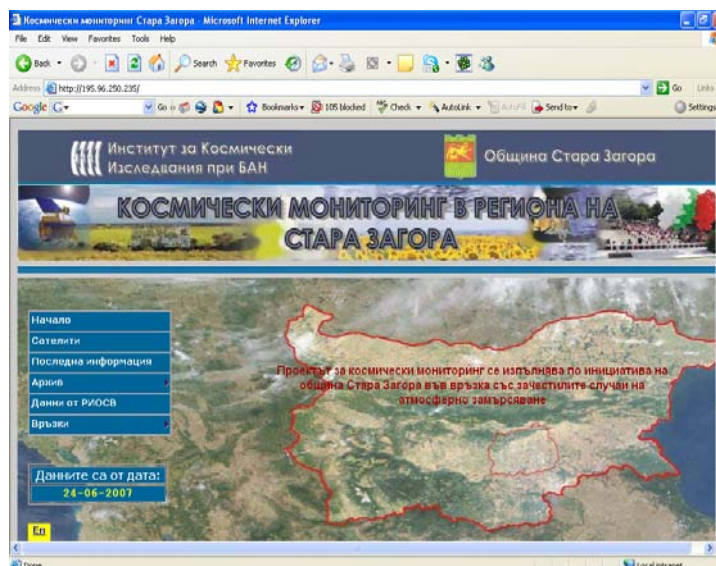
При обработката на спътниковата информация се използват и наземни данни от автоматизирани наземни станции (АИС), които са разположени в гр. Ст. Загора и с. Могила. От юли 2007 г. се получават данни от измервания от още две наземни станции, разположени в с. Остра Могила и с. Ръжена. Честотата на получаване на данните е в режим на реално време с период 30 минути.

Атмосферно замърсяване на 22.06.2007г.



Фиг. 3

Резултатите от обработката на спътниковите и наземни данни се публикуват ежедневно на специализирана WEB-страница - <http://iki.cc.bas.bg:81> [2] (фиг. 4.). На нея се публикуват актуалните (последни) данни за съответния ден, коментар при наличие на атмосферно замърсяване и се съхранява архив с данните за целия период на провеждане на мониторинга. Едновременно с това на цифрови носители се съхранява архив със суровите и обработени данни, обхващащи в повечето случаи цялата територия на страната за целия период на мониторинга. Страницата е реализирана на базата на Windows 2003 server и http-server OmniSeque.



Фиг. 4

Основните характеристики на автоматизираната информационна система (фиг.5.) за мониторинг на атмосферните замърсявания в региона на община Стара Загора са:

- ✓ Директен достъп до данните, без заявка;
- ✓ Въвеждане на данни през терминали (протокол RDP) от мрежа на ИКИ-БАН или от Интернет;
- ✓ Базовите файлове и WEB-страниците в архива се генерират с помощта на специализиран софтуер;
- ✓ Достъпът до WEB-страницата се осъществява по 3 външни канала.



Фиг. 5

Перспективи за развитие на мониторинга:

- ✓ Мониторингът на региона продължава с договор между ИКИ-БАН и община Стара Загора до края на 2007 г.;
- ✓ Поради зачестили случаи на замърсяване в района на наблюдение ще бъде обхванато с. Горно Съхрене от община Казанлък с обозначено дървообработващо предприятие "Габровница" АД;
- ✓ В случаите на замърсяване, коментарите, съпътстващи данните в WEB-страницата съдържат обяснения за посока на вятъра към определен час, мащаба и вероятния източник на замърсяване, като данните се получават в реално време от наземните АИС в селата Остра Могилка и Ръжена.
- ✓ С използване на данните от MODIS се следят горски пожари, наводнения, площ на снежната покривка, акваторията на Черно море и др. (фиг. 6, 7, 8, 9, 10 и 11).

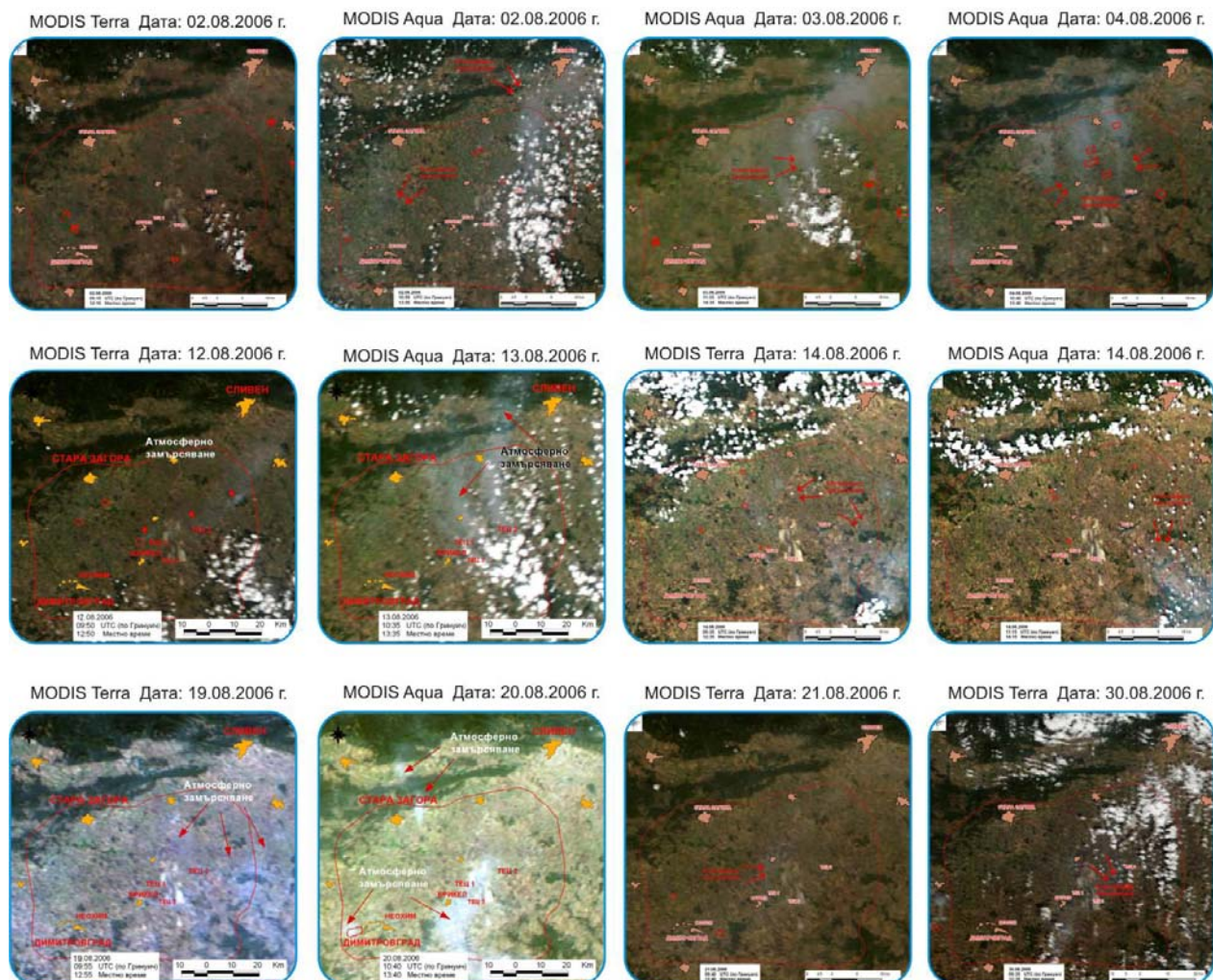
Литература:

1. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>
2. <http://iki.cc.bas.bg:81>

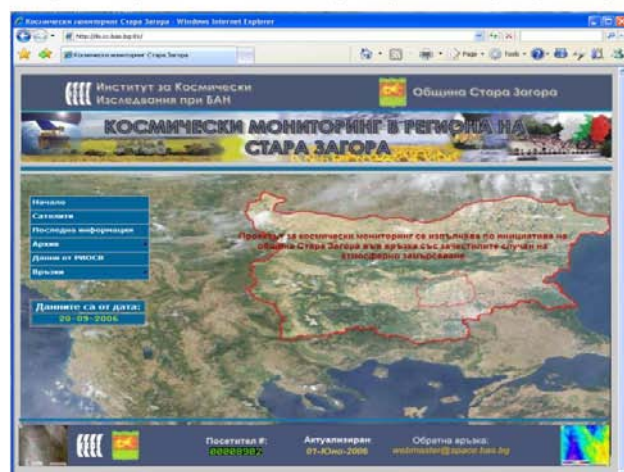


АТМОСФЕРНО ЗАМЪРСЯВАНЕ

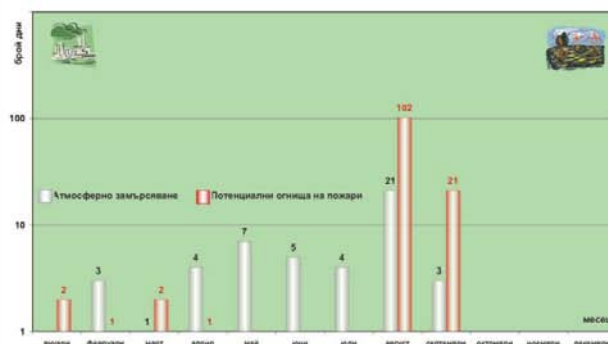
МОНИТОРИНГ НА АТМОСФЕРНОТО ЗАМЪРСЯВАНЕ В РЕГИОНА НА гр. СТАРА ЗАГОРА



Интернет базиран космически мониторинг в района на гр.Стара Загора



Брой дни с регистрирано атмосферно замърсяване и потенциални огнища на пожари за периода 01.01.2006 г. - 18.09.2006 г.

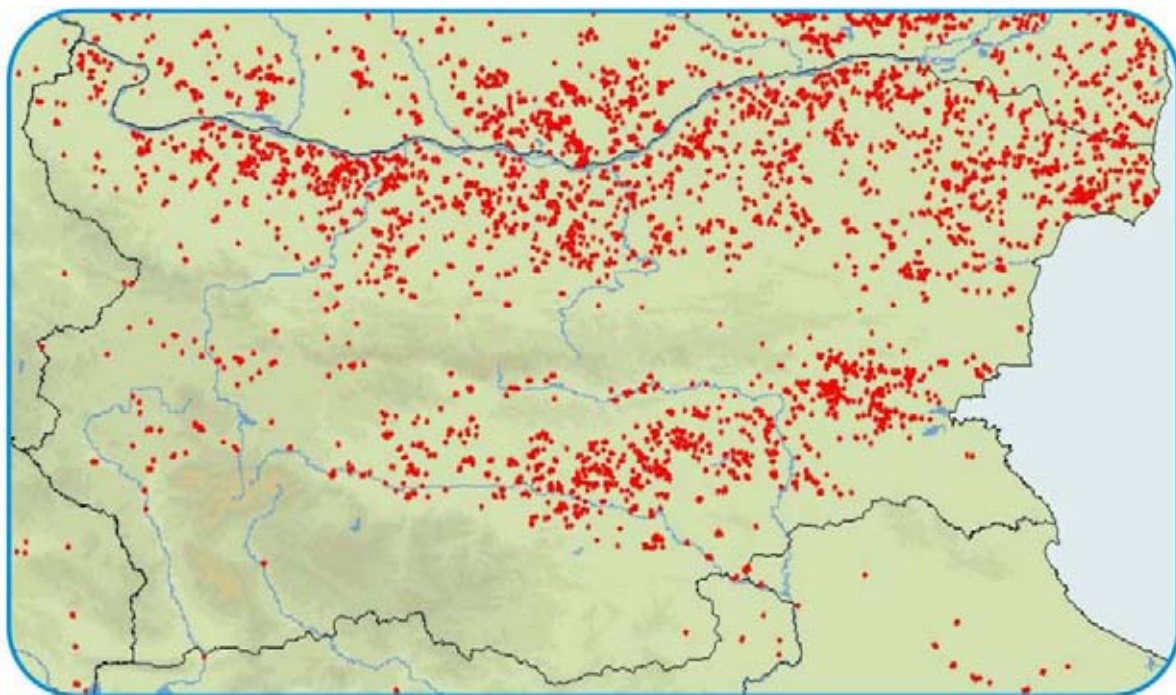


Фиг. 6

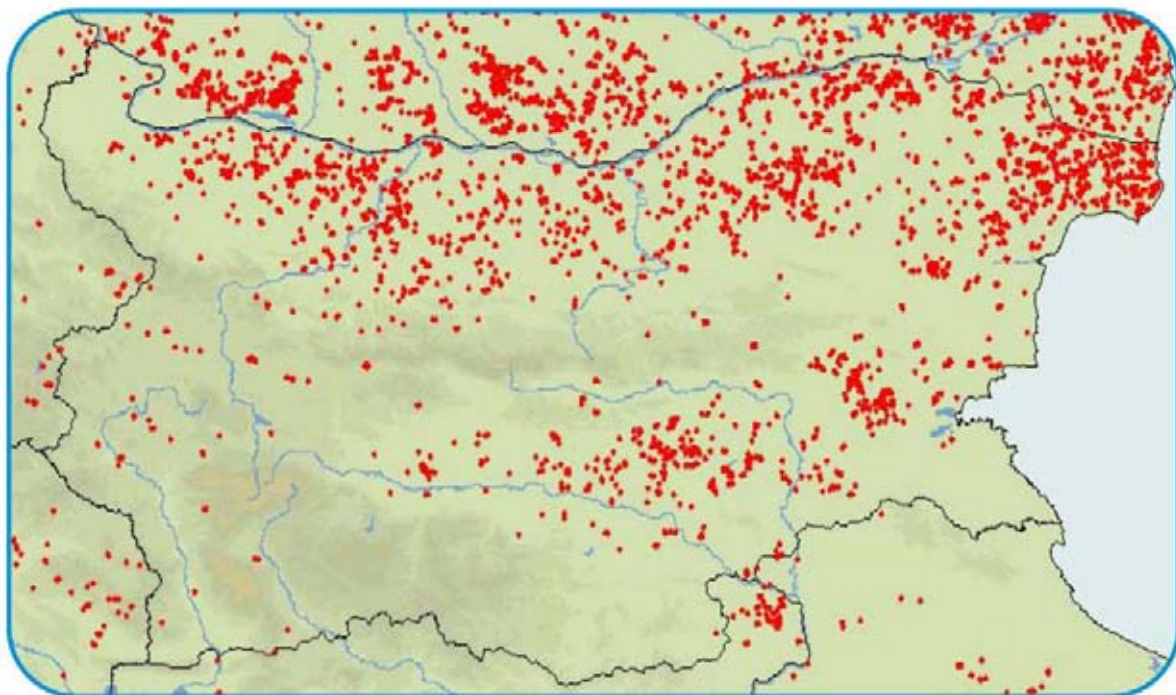


ГОРСКИ И ПОЛСКИ ПОЖАРИ

ОТКРИВАНЕ НА ГОРСКИ И ПОЛСКИ ПОЖАРИ
НА ТЕРИТОРИЯТА НА Р. БЪЛГАРИЯ
ЗА 2005 Г. И 2006 Г.



Регистрирани пожари от MODIS Terra и Aqua през 2006 година



Регистрирани пожари от MODIS Terra и Aqua през 2005 година

Фиг. 7



ГОРСКИ И ПОЛСКИ ПОЖАРИ

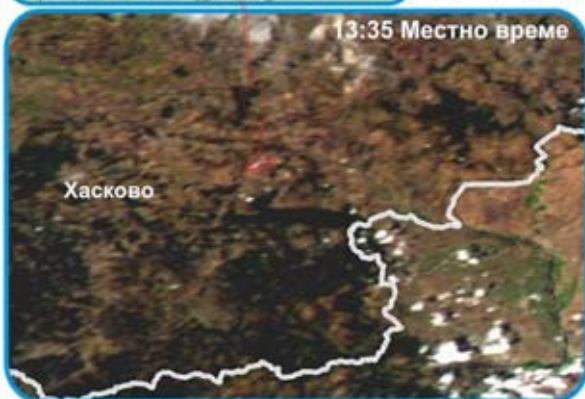
РЕГИСТРИРАНЕ НА ДЕЙСТВАЩ ПОЖАР НА ТЕРИТОРИЯТА НА ОБЛАСТ ХАСКОВО



Действащи пожари - 29.08.2006 г.



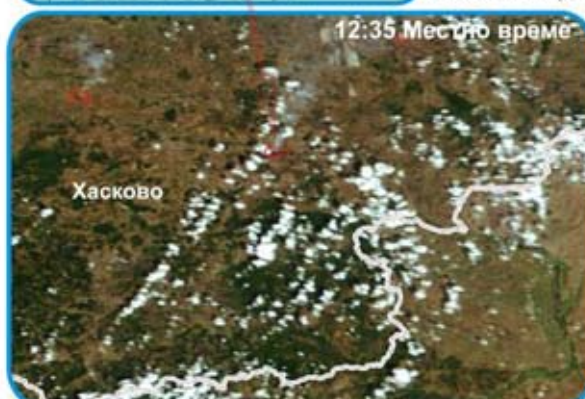
MODIS - Terra



Действащи пожари - 30.08.2006 г.

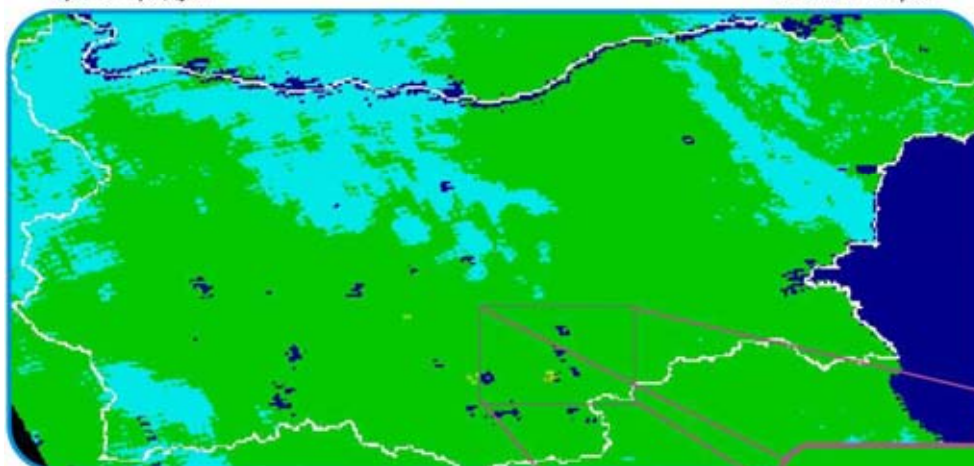


MODIS - Aqua



Краен продукт

MODIS - Aqua



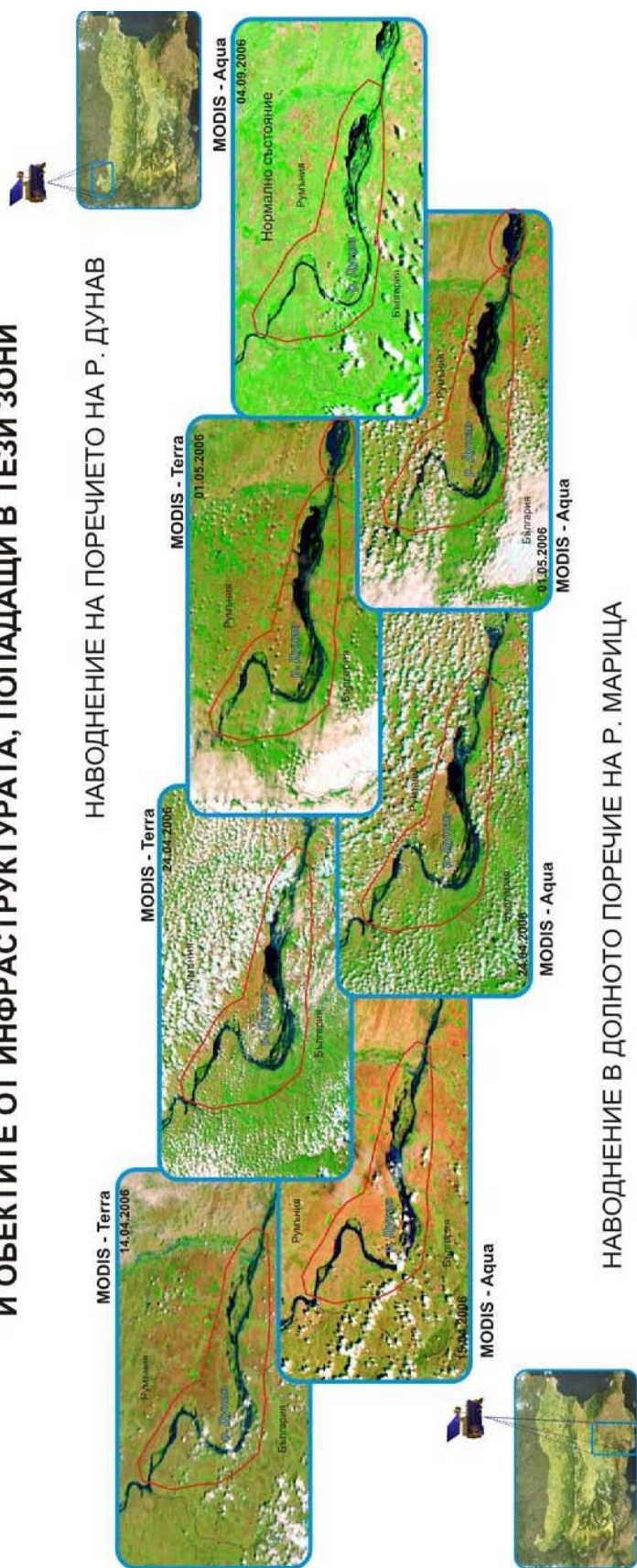
Легенда

- Термална аномалия на границата на излъчване и горене
- Територия без регистрирани пожари
- Облачна покривка
- Водна повърхност
- Действащи пожари със средна интензивност
- Действащи пожари със силна интензивност
- Няма данни

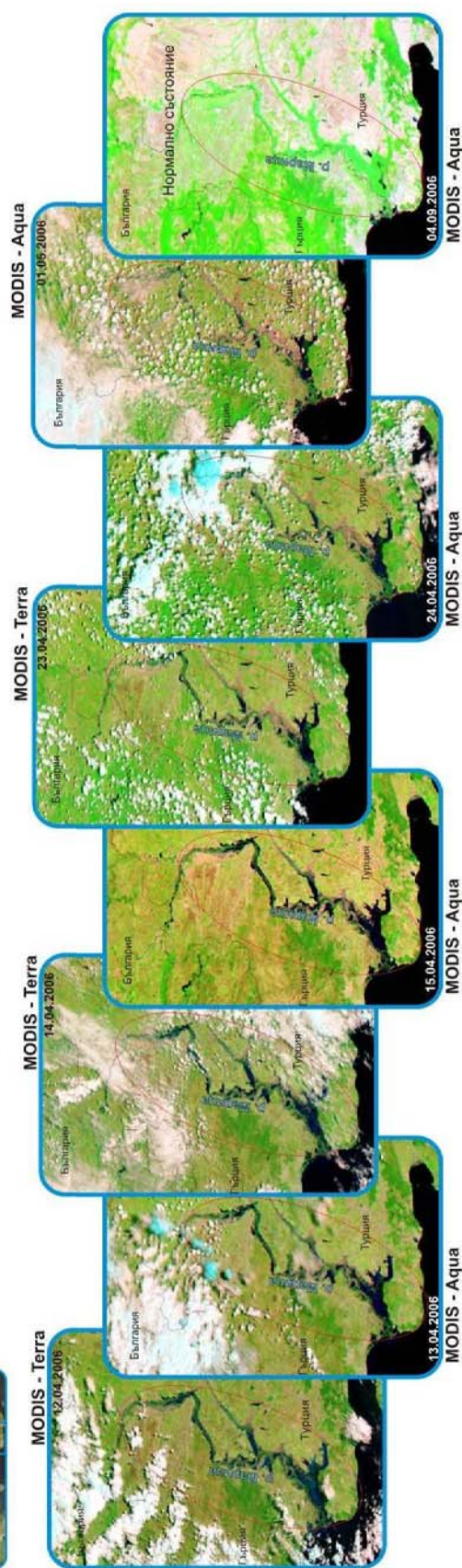


Фиг. 8

ОТКРИВАНЕ НА НАВОДНЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЯНЕ ЗОНИТЕ НА ЗАЛИВАНЕ НА НАСЕЛЕНИТЕ МЕСТА И ОБЕКТИТЕ ОТ ИНФРАСТРУКТУРАТА, ПОПАДАЩИ В ТЕЗИ ЗОНИ



НАВОДНЕНИЕ В ДОЛНОТО ПОРЕЧИЕ НА Р. МАРИЦА





СНЕЖНА ПОКРИВКА

МОНИТОРИНГ НА СЪСТОЯНИЕТО НА СНЕЖНА
ПОКРИВКА - ПЛОЩИ, СРЕДНОСРОЧНА И
ДЪЛГОСРОЧНА ОЦЕНКА НА ДИНАМИКАТА НА
ТОПЕНЕ



MODIS - Aqua
14:20 Местно време



Необработено изображение
във видимия диапазон

СНЕЖНА ПОКРИВКА ВЪВ ВИСОКИТЕ ЧАСТИ
НА РИЛА И ПИРИН

15 април 2006 г.

MODIS - Aqua
14:20 Местно време



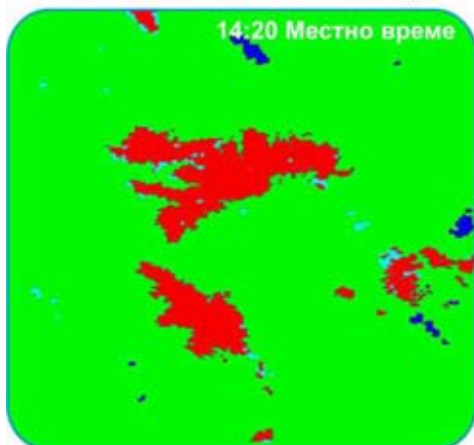
Обработено изображение
във видимия диапазон

MODIS - Aqua
14:20 Местно време



Обработено изображение с
добавен инфрачервен канал

MODIS - Aqua
14:20 Местно време



Краен продукт
Площ на снежната покривка - 1397.47 км²

Легенда

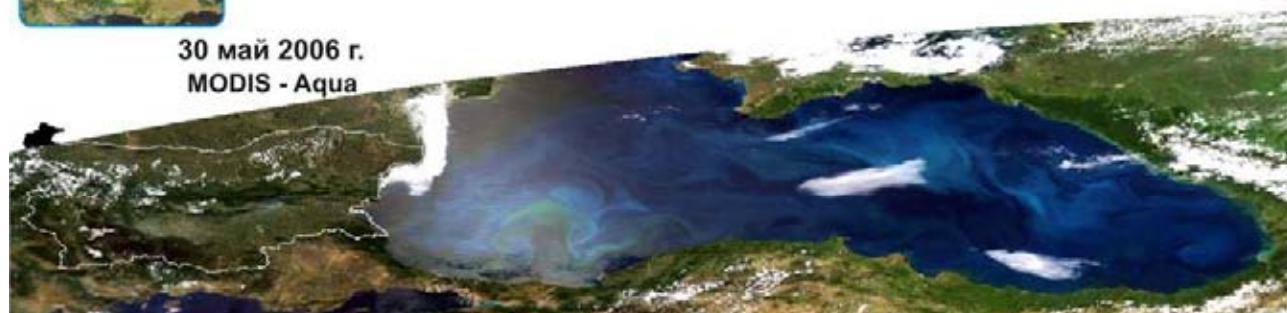
- Земна повърхност
- Снежна покривка
- Води на сушата
- Облачна покривка

Фиг. 10



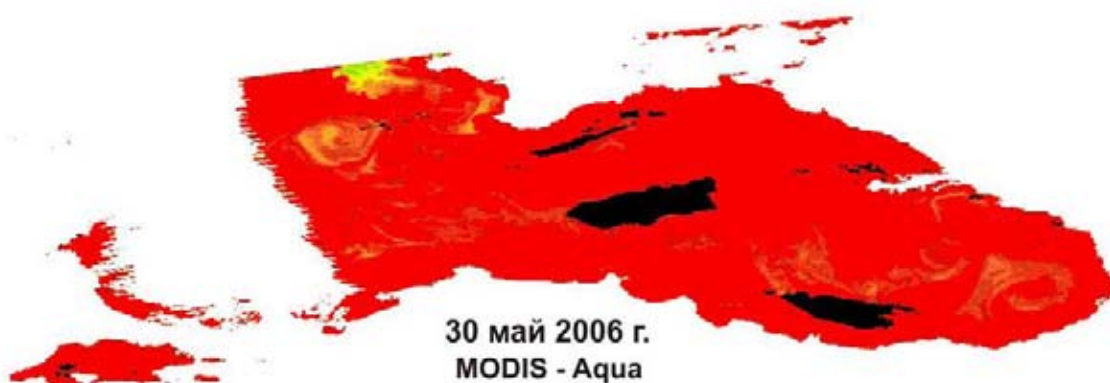
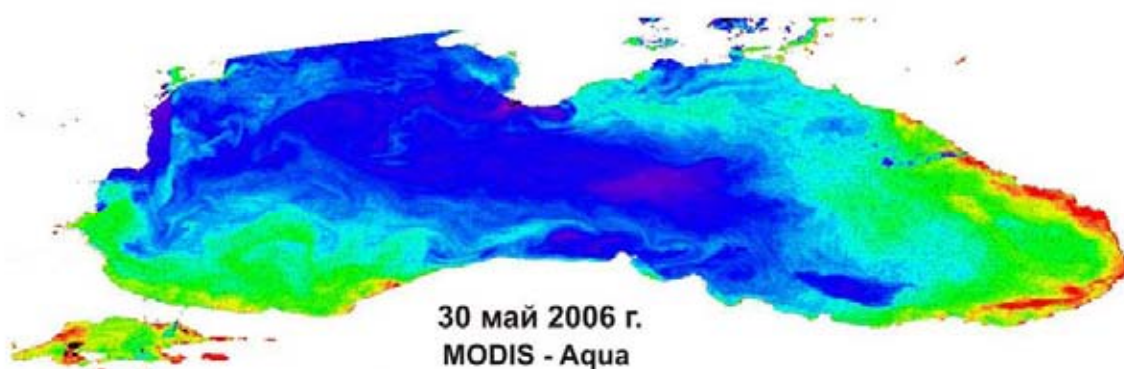
АКВАТОРИЯТА НА ЧЕРНО МОРЕ

МОНИТОРИНГ НА АКВАТОРИЯТА НА ЧЕРНО МОРЕ - ПОВЪРХНОСТНА ТЕМПЕРАТУРА НА ВОДАТА И СЪДЪРЖАНИЕ НА ХЛОРОФИЛ



30 май 2006 г.
MODIS - Aqua

Необработено изображение във видимия диапазон



Фиг. 11

ПРИЧИНИ ЗА НЕТОЧНОСТИ В КЛИМАТИЧНИ МОДЕЛИ

Деян Гочев

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: моделиране, климат, промени, прогноз

Резюме: Обсъждат се възможни причини за наблюдаваното в последните години внезапно аперидично появяващо се крайно несъвпадение между моделиран традиционно приемливо точен прогноз и реални метеоявления. Представен е опит за систематизиране на тези несъответствия. Предложени са възможни причини- проява на дългопериодични квазиосцилации, на нови физични фактори, методологични недостатъци. Като възможни аргументи са коментирани процеси в атмосферите на други планети от слънчевата система. Представени са възможности за съобразяване с явлението.

CAUSES FOR UNACCURACIES IN CLIMATIC MODELS

Deyan Gotchev

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: dejan@space.bas.bg

Key words: model, climate, change, forecast

Abstract: The possible causes for the recently observed sudden non-periodic emerging of extreme inconsistencies between a traditionally acceptable accurate meteo-forecast and real meteo-phenomena is discussed. An attempt for a systematization is presented. Some potential causes are offered- long-periodical pseudo-oscillations, new physical factors, methodological faults. Some processes in the atmospheres of other solar planets are included in the argument. Some possibilities for a conformity with the phenomenon are mentioned too.

Един от основните въпроси на съвременната наука е „Защо Вселената е такава?“. Напоследък се откриват връзки между природни константи, които независимо от странната си „благоприятност“ за човечеството, обясняват съществуването в различни мащаби на сложни структури (галактични струпвания, ветрове и течения, вируси). Формирането на „дърво на еволюцията“ е заради нелинейното нарастване с времето на скоростта и комплексността им. Реалното паралелно съществуване на нейерархични схеми на развитие може би е поради квазисингулярно взаимодействие между управляващи параметри. Тези две алтернативи променят представата „плурализъм на процесите, но монизъм формите“. Въпреки налаганата от научните мениджъри „конформистка коректност“ и емоционално пристрастна, концептуално ограничена, методологично „по инерция“ интерпретация на данни, приетите за „нормални“ 10% несигурност в една теория са достатъчни за извършване от „научни маргинали“ на евристични пробиви, извеждащи науката от криза. Причина за възникване на последното е диалектичното противоречие между създаването без „свръхпроизводство“, от свободни и богати хора, по личен избор на изпреварващи времето си системи от знания и състоянието „тук и сега“ на обществото.

Моделирането на климата post factum потвърждават данните (геологични и за биоразнообразие) за повторемост на радикални изменения в климата на преходните области и на полярните. Причини могат да са: тектонични премествания, изригване на неизвестен и латентен супервулкан; удар от астероид или гравитационно влияние на мигриращ планетоид, внезапно променящи скоростта и оста на земното въртене. Това би обяснило някои от резките биологични и цивилизационни промени. Спорността на коментираната им периодичност (3600г., 12000г., 41000г., 100000г., 64 млн. г.) напоследък се усложнява от открития предполагащи: съществуването на звезда-спътник на Слънцето, нелинейно обусловените вариации на слънчевата активност, влияния от елементи на междувездната и междугалактична среда (полета, „прах“ и лъчи). Анализът на ледови кернове еднозначно доказва съществуването на многократни внезапни краткотрайни взривоподобни

температурни изменения в рамките на отделни ледникови периоди. Това налага преразглеждане на представите за: обратна връзка; мащаби, честота и темпо на процеса; генериране на промени. Фракталната размерност в слънчевата радиация е информативна не само за коронарните МХД-процеси, но и за динамиката на облакообразуване и циклони, както и за структурата на изменение на телуричните и атмосферни токове и разряди. Напоследък се интензифицира взаимодействието на концептуално ниво (физически фактори и еволюционни сценарии) между планетарните (Марс, Венера, спътници на Юпитер) и земни климатичните модели.

В 1827г. Jean-Baptiste Fourier обсъжда „парников ефект“; в 1896г. Svante Arrhenius го обяснява с използването на органични горива; в 1958г. Charles David Keeling предлага връзка между установеното увеличение на CO₂ в атмосферата и следвоенния индустриален подъем; в 1979 г. Американската Академия на науките предупреждава за опасностите от пасивна позиция спрямо промените в климата.

Абсурдно е да се обсъжда абсолютен постоянен тренд на глобалната температура. Липсват коректно измерени, представителни по време масиви от наблюдателни данни, както и общовалиден физически обусловен начин за усредняване. Неравномерното разпределение на нейните градиентите са първичен климатообразуващ фактор. Съществуващите данни еднозначно и напълно доказват „мозаечното“ разпределение по време, продължителност и място на периоди на относително затопляне или охлаждане по земната повърхност. Характеристиките на това разпределение засега са със спорно естество на прогностичния им потенциал.

Заради пространствените и времеви мащаби на процесите в океана, той е значим инертен енергиен резервоар, създаващ и регулиращ дълготрайни взаимоподдържащи се еволюционни трендове. За това допринасят и обемите и масите на биоценозите (химически регулатор), както и функциите му на преходна област между литосферата и атмосферата. Глобалната свързаност на промените в океанската циркулация (поради влияние на релефа и симетрични компенсирания в атмосферната циркулация) неведнъж са причинявали гибел на цивилизации в различни континенти.

Освен термичните промени, на водния кръговрат влияят и неравномерно пространствено и времево разпределените аерозоли. Увеличаващият се принос на различните по произход и свойства антропогенни аерозоли създава преходни области в облакообразуването, чиято неопределеност налага преосмисляне на динамиката на фронтовите системи и на хода на фазовите преходи.

Невъзстановяемото годишно топене на снегове и ледници нарушава връзката „воден баланс-биоценоза“, неравномерно усилва ерозията и наводненията, променя градиентите на въздушен пренос и албедото, което създава и хаотизира положителни обратни връзки. Заради фрапантни несъответствия на прогнозите за повишаване нивото на океана с действителността е открита конкуренцията, но не е изяснена, между процесите на образуване и унищожение на ледници в Гренландия. Оптимизираното използване на особеностите на наблюдателните техники и комбинирането на разномасщабен времеви мониторинг и анализ биха допринесли за изясняване ролята на фактори, влияещи на баланса и тренда - флуктуации на въздушния пренос на влага, релефа, разположението, височината (за Килиманджаро). Поради трайното разтапяне на вечно замръзналата почва се изпаряват парникови газове, руши се антропогенната инфраструктура, което деградира глобално демографски и икономически съотношения.

Непознаването или пренебрегването на обратните връзки (замърсяване, изтощаване на рекреационен ресурс) в природните и икономически процеси води до деградация на околната среда и необратими нарушения в естествените цикли във водните басейни. Техногенните въздействия освен че създават полигони за отчуждаване и съхранение на радиоактивни, промишлени и токсични отпадъци, допълнително усилват естествената патогенност на някои райони (разломи, блата, рудни находища, електромагнитни аномалии) и съответните им ендемични популации, превръщат и мегаполисите в патогенни зони.

Макар че понякога отделни явления (термично причинено втвърдяване на почви) допринасят за съхранение на цивилизационните артефакти, климатичните промени затрудняват консервацията и реконструкцията им и предимно ги разрушават посредством ерозия и корозия, стимулирано развитие на микроорганизми, екстремални събития- наводнения, свлачища, урагани.

Цивилизацията ни е в състояние, когато пренебрегването на уроците на историята и загубата на системите от знания ще е фатално. Смиреността пред чудесата на Природата е за предпочитане пред арогантността на претенциите, че познаваме и контролираме времето създавано от Слънцето и звездите.

* Работата е по тематиката на договор 1507/2006 с МОН.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИМУЛАЦИОННИ ПОДХОДИ ЗА МОДЕЛИРАНЕ И АНАЛИЗ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА КРИТИЧНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Георги Киров¹, Иван Иванов²

¹Институт по управление и системни изследвания – Българска академия на науките,

²Институт по паралелна обработка на информацията – Българска академия на науките
e-mail: kirov@icsr.bas.bg

Ключови думи: симулиране, HLA/RTI, критична инфраструктура

Резюме: Статията представя предимствата от практическото приложение на симулационна среда позволяваща интегрирането на различни симулационни модели, които комуникират помежду си на базата на стандартизиран механизъм за обмен на информацията. Това дава възможност да се моделират различните събитията възникнали в резултат на бедствие и да се симулира сумарния им ефект върху жизнено важните инфраструктурни обекти. Симулационната среда предоставя комуникационни функции и услуги, които изолират разработчиците от процедурите необходими за интегриране на симулационните модели и осигурява комуникационна инфраструктура за координиране и синхронизиране на моделите по отношение на времето. Представен е конкретен пример, който проследява процеса на създаването на симулационните модели използващи общ стандарт за взаимодействие и стандартизиран обмен на данни.

1. Въведение

Трагичните последици от зачестилите терористични нападения и катастрофални природни бедствия създават необходимост от специални инструменти за анализиране и оценка ефективността на защитата на критичната инфраструктура [КИ] при изследване на различни сценарии отразяващи вероятните заплахи [1]. Този факт обяснява повишения интерес към симулационните подходи за моделиране и анализ на системи за управление при кризи. В резултат на това са създадени многобройни модели, които моделират различни аспекти от проблема за защитата на критичната инфраструктура. В по-голямата си част симулационните модели са разработени от различни специалисти независимо един от друг, като се използват различни инструменти за моделиране и симулиране (M&C). По този начин се постига частично решаване на проблема, защото не се отчита сумарния ефект от възникването на отделни събития и вероятните последици за елементите на КИ в следствие на инцидент [2].

Като опит за решаване на този проблем експертите в областта са насочили своите усилия към използването на среда за Компютърно Подпомаганите Учения (КПУ) [5], която позволява интегрирането на независимо разработени симулационни модели отразяващи различни аспекти от възникналата кризисна ситуация. Този тип учения е все по-често използван инструмент в сектора на сигурността за анализиране и повишаване на ефективността на спасителните действия при управление на кризи, както и подобряване на безопасността на спасителните екипи.

Ефектът от едно бедствие, независимо от неговия характер, зависи от сложен комплекс от разнородни събития. Например, едно земетресение предизвиква проблеми в различни елементи на КИ – транспортната мрежа, енергетиката, здравната помощ, информационната инфраструктура и т.н. Сложността на проблема се допълва от взаимното влияние между отделните инфраструктурни обекти, което може допълнително да утежни последиците от бедствието. Следователно за оценка на реалната заплаха за елементите на КИ е необходимо да се анализират различните аспекти на възникналата кризисна ситуация.

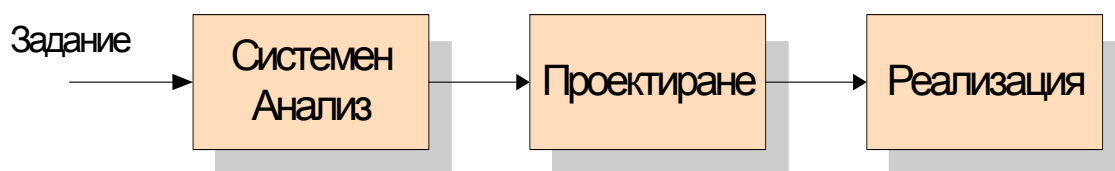
* This publication is supported by NATO Scientific Division in the framework of Science for Peace Program – Project SfP 981149 (2005-2007) Center of Excellence in Operational Analyses (<http://www.gcmarshall.bg/sfp981149>)

Целта на статията е да се представи методология за разработка и внедряване на средата използвана за проведеното в България КПУ за управление на кризисни ситуации EU-TACOM 2006 (European Union Terrorist Act Consequences Management in South-East Europe 2006).

2. Подход за разработка и внедряване на среда за КПУ

За изграждането на концепцията за обща симулационна среда за КПУ за управление при кризи е използван системния подход. По същността си това е интердисциплинарен подход, който обхваща целия жизнен цикъл на една сложна система, като се започне от ранните етапи на системната спецификация и се завърши с тестването на системата. Необходимостта от използване на такъв подход идва от сложността на изследвания проблем, което налага да се обобщи опита на различни специалисти (системни инженери, ИТ специалисти, математици и т.н.) с цел дефиниране на изискванията към архитектурата на симулационната среда за симулиране и анализ на елементи от КИ. Ползата от този подход е възможността да се оцени максимално точно кризисната ситуация и да се вземат правилните решения за действия в такава обстановка.

Реализирането на КПУ EU-TACOM SEE 2006 е съобразено с изискванията и стандартите за изграждане на сложни симулационни системи. Съвременните методи на работа изискват да се следва определена последователност, наложена от съответните стандарти, при реализиране на широк кръг от системи (Фигура 1).



Фиг 1. Етапи на изграждане на симулационната система

3. Симулационна технология

Ролята на Моделирането и Симулирането (M&C) [4] при изследване на влиянието на различни инциденти върху КИ е осъзната още преди няколко десетилетия [6]. Докато в началото на 80-те години тя се е изразявала в моделиране на отделно събитие, съвременното технологично развитие позволява детайлното изследване на инцидента, като се моделират основните му аспекти, неговото влияние върху населението, реакцията на държавните служби и агенции, отговорни за действия в такива ситуации.

Поради сложността на изследваната област за пълното описание на бедствие трябва да се изградят множество симулационни модели, които да комуникират помежду си. Това налага използването на комуникационна архитектура базирана на стандарта HLA (High Level Architecture), която предлага стандартизация на интерфейсите между отделните модели и позволява стандартизиран механизъм за обмен на информацията между моделите [7]. HLA стандарта дава една систематична и последователна основа за проектиране и разработване на разпределени симулации.

Според терминологията на HLA, една федерация представлява набор от симулации, свързани посредством HLA RTI стандарта. Всяка симулация в рамките на федерацията се нарича федерат. Отделните федерати си взаимодействат помежду си посредством комуникационната среда или механизъм за разпределение на моделите и данните, наречен Run Time Infrastructure (RTI). RTI предоставя комуникационни функции и услуги, които освобождават програмиста от процедурите необходими за интегриране на симулационните модели и комуникациите между тях. Основните компоненти на примерна симулационна система, базирана на HLA RTI стандарта са показани на Фигура 2:

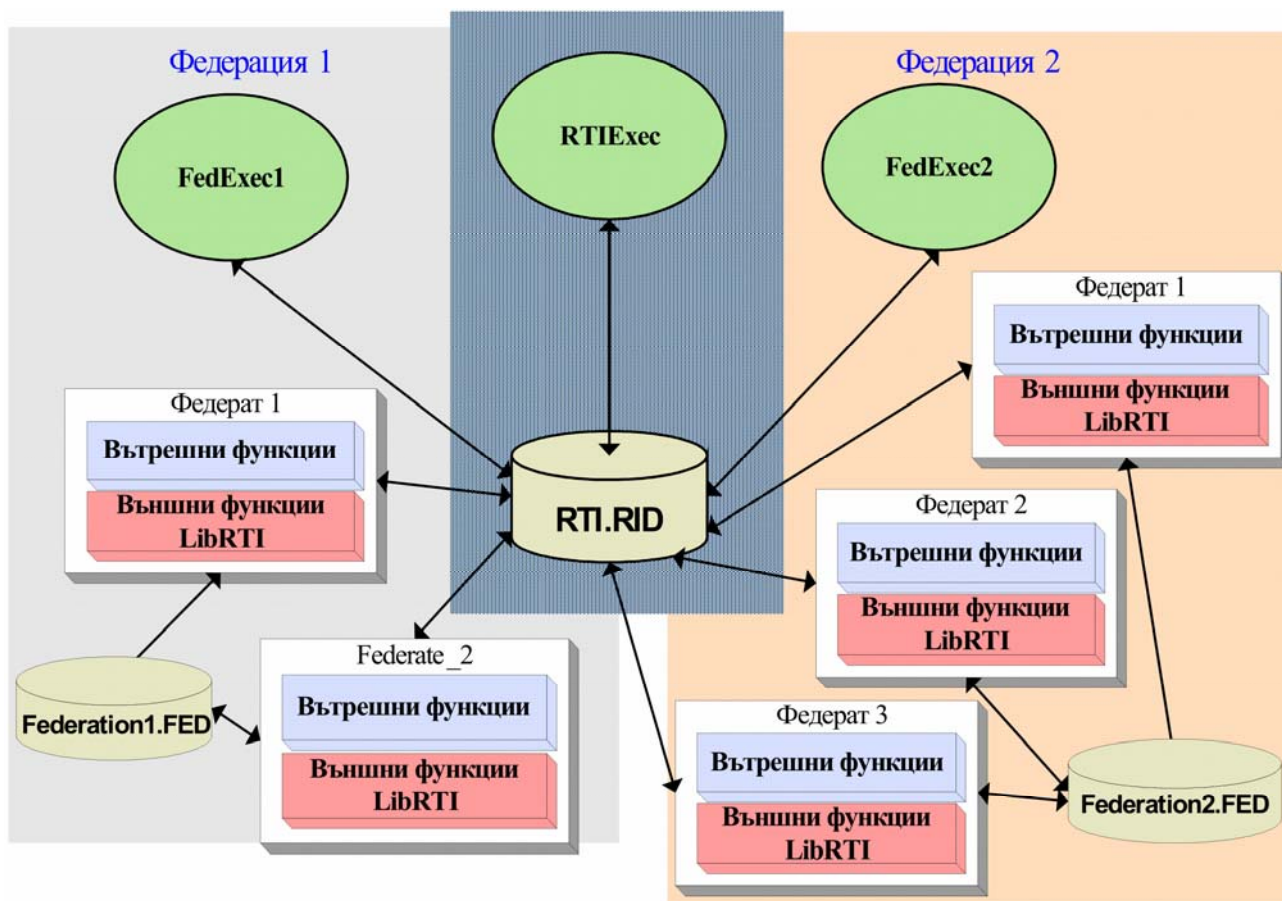


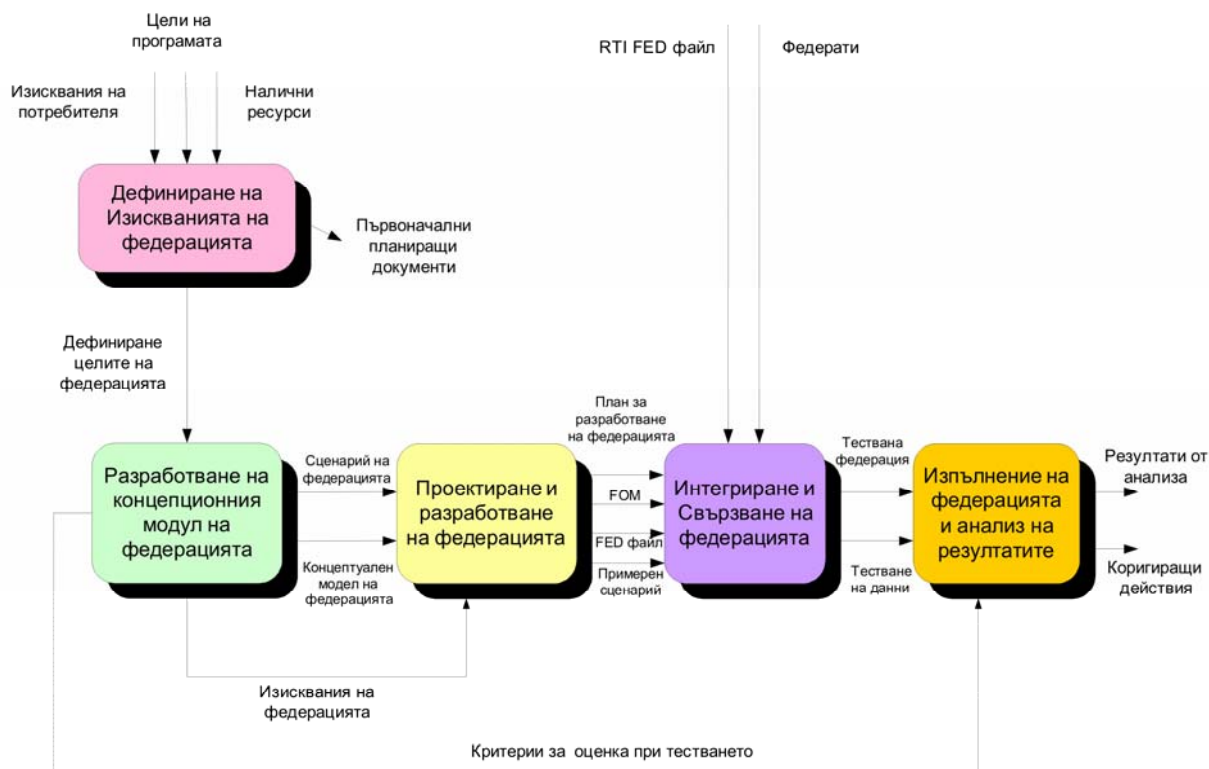
Fig. 2. Компоненти на HLA симулационна система

- Федерация – разпределена симулация съответстваща на множество федерати, които си взаимодействат посредством RTI услугите плюс един FOM;
- Федерат –HLA-съвместима програма за симулация;
- FedExec – процес, който управлява федерацията, като позволява на федератите да се свързват и отказват от нея и улеснява размяната на данни между участващите във федерацията федерати;
- FED файл (файл с данни за изпълнението на федерацията) – съдържа информация, която е получена от FOM и използвана от RTI в реално време;
- RTIExec – глобален процес, който управлява създаването и спирането на федерациите;
- RID файл – данни за инициализация на RTI и компютърната мрежа;
- LibRTI – прави услугите (методи) на HLA достъпни за федератите.

Всяка HLA симулационна система има по един файл RTIExec и RTI.RID, използвани съответно от двете федерации. Всяка федерация съдържа свой собствен FedExec и FED файл. FedExec1 управлява изпълнението на Федерация1, FedExec2 управлява изпълнението на Федерация2. Федерация1 съдържа два федерата: Федерат1 и Федерат2. Федерация2 съдържа три федерата: Федерат1, Федерат2 и Федерат3.

4. Процес на разработване и изпълнение на федерации

Процесът на разработване и изпълнение на една симулация (FEDEP - Federation Development and Execution Process) е описан на Фигура 3. FEDEP е процес на високо ниво, който подпомага интегрирането на независими симулации и позволява повторно им използване на симулационно ниво посредством единна симулационна среда, в която независими симулационни модули могат да бъдат комбинирани.



Фиг. 3. Етапи на изграждане на симулационната система

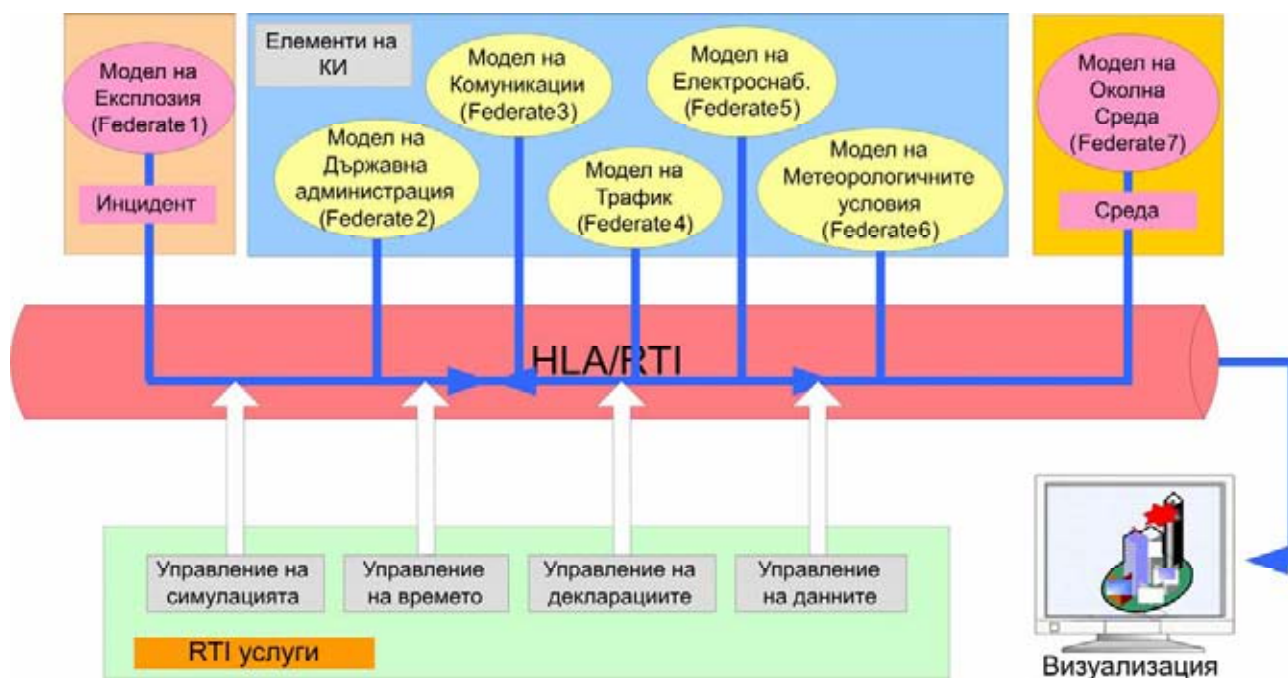
В първата част на FEDEP се определят целите и изискванията, които ще поддържа федерацията. Една федерация може да се изгради за единично упражнение или анализ или може да продължи да съществува във времето. Концептуалният модел на най-високото ниво на федерацията се използва като ръководство за действителното създаване на федерацията.

Втората стъпка на FEDEP е да се извърши детайлно проектиране на федерацията посредством избор на модели или симулации, които ще бъдат включени и решаване каква функционалност носи на федерацията всеки модел и средство за симулационна поддръжка/управление. Най-важната част от процеса на установяване на съвместимостта между различните симулации е разработването и документацията на FOM (Federation Object Model), използван за дадената федерация. FOM включва детайлно описание на цялата информация, която се обменя в разпределената федерация и трябва да отчита възможностите на различните членове на федерацията.

Разработването на дадена HLA федерация обикновено изисква интензивно сътрудничество между участници и потребители в областите на дефиниране на изискванията, разработването на сценария и последващото изпълнение, тестване и анализ на федерацията. При такава сложност и потенциални възможности за грешки, инженерите разработващи федерации препоръчват използването на средства за автоматизация на потока от дейности.

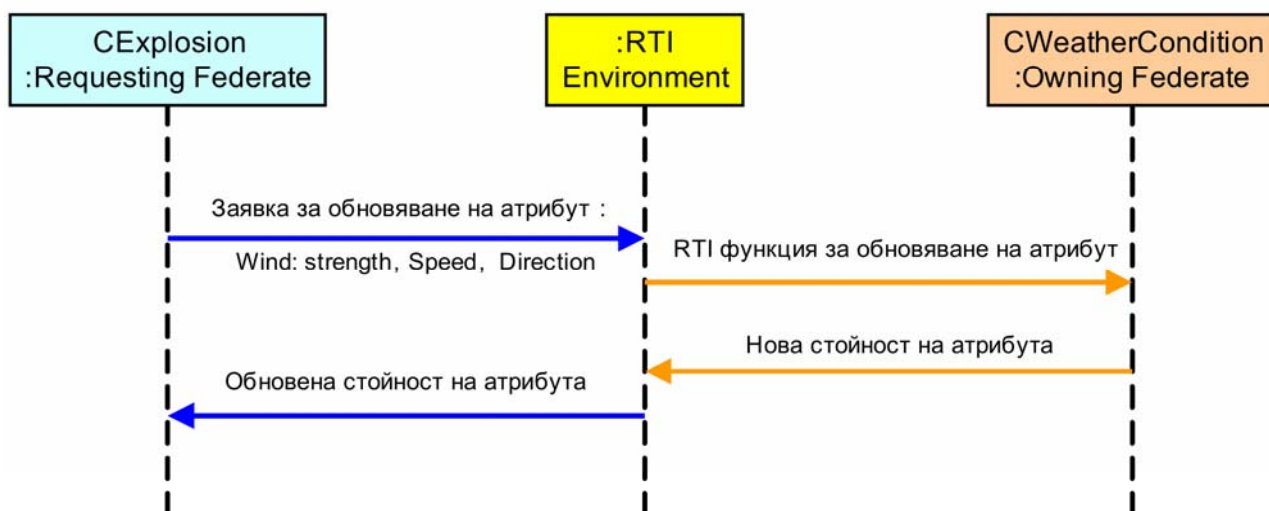
4. Приложение на симулационната технология

Предимствата от предлаганата симулационна среда за КПУ за управление при кризи са демонстрирани в КПУ EU-TACOM SEE 2006 като е разгледан конкретен пример за избухване на "мръсна" бомба (цезий) по време на футболен мач [3]. В примерния сценарий необходимите симулационни модели са дефинирани на базата на анализ на предметната област на управлението при кризи. Моделите са взаимно-зависими, което означава, че те трябва да комуникират посредством общоприет стандарт. На базата на внимателно изследване на връзките между отделните елементи на федератите се дефинират данните, които трябва да се обменят между симулационните модели (Фигура 4). Интегрираните модели не комуникират директно, а посредством RTI. За тази цел RTI предоставя комуникационни функции и услуги, които изолират потребителския интерфейс от процедурите необходими за реализирането на информационен обмен. Интерфейсът между моделите и RTI се реализира посредством API на няколко програмни езика.



Фиг. 4. Симулационен модел за разглеждания пример

Фигура 5 показва последователността при обмена на информация между федератите на експлозията и метеорологичните условия във федерацията на разпространение на радиоактивното замърсяване. Демонстрирана е ролята на RTI като посредник при обновяването на атрибутите на моделите.



Фиг. 5. Обмен на стойностите на атрибутите

5. Заключение

Статията представя предимствата от използване на симулационните подходи за моделиране и анализ на елементите на Критичната Инфраструктура. Те могат да се обобщят в моделиране на взаимните връзки между различни събития, произтичащи от една кризисна ситуация, като по този начин по-точно могат да се прогнозират последиците за хората и елементите на КИ и да се планират по-ефективно спасителните действия. Разгледан е конкретен пример, в който е използвана симулационна среда, която позволява интегрирането на различни симулационни модели, които да комуникират помежду си на базата на стандартизиран HLA/RTI механизъм за обмен на информацията.

Литература

1. Analysis and Assessment for Critical Infrastructures Protection (ACIP), <http://www.iabg.de/acip/index.html>
2. J a i n, S., M c L e a n R. (2003), A Framework for Modeling and Simulation of Emergency Response, Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, Dec. 7-10, New Orleans, Louisiana, pp. 1068-1076.
3. К и р о в Г., Интегриране на симулационни модели на елементи от Критичната Инфраструктура в единна симулационна среда, Конкурс: "Научна поддръжка на трансформацията в сектора за сигурност – 2006" ЦЕНТЪР ЗА ИЗСЛЕДВАНИЯ ПО НАЦИОНАЛНА СИГУРНОСТ И ОТБРАНА – БАН, 27 Септември, София, България, 2006, Сборник „Научна поддръжка на трансформацията в сектора за сигурност“, Академично издателство „Проф. Марин Дринов“ ISBN-10: 954-322-175-8, ISBN-13: 978-954-322-175-2, стр 143-159
4. L a w, A., K e l t o n D. (2000), Simulation Modeling and Analysis, (3) New York: McGraw-Hill. pp. 296- 297.
5. National Research Council (2002), Making the Nation Safer: The Role of Science and Technology in Countering Terrorism, Washington DC: National Academies Press.
6. S u l l i v a n, T h o m a s J. (1985), Modeling and Simulation for Emergency Response, Lawrence Livermore National Laboratory, Report No. UCRL 9.
7. The HLA Web Site: <http://www.dmsomil/public/transition/hla>.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА РАЦИОНАЛНИЯ БРОЙ КОНТРОЛИРАНИ ТОЧКИ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА РИСКОВИ ТЕХНИЧЕСКИ СИСТЕМИ В ДИНАМИЧЕН РЕЖИМ

Николай Петров, Димитър Гинчев, Симеон Мръчев

Тракийски Университет – Ст. Загора, Ямбол
e-mail: nikipetrov@lycos.com, ginchev_dimitar@yahoo.com

Ключови думи: критерий за ефективност; контрол на рискови технически системи; рационален брой контролирани точки

Абстракт: В работата се предлага критерий за ефективност на контрола на рискови техническите системи, различен от предложения в литература [2, 3, 4] стандартен подход. Разработен е метод за определяне на рационалния (в съответствие с предложени критерий) брой контролирани точки. Получен е критерий за използване на метода за конкретни типове рискови технически системи (РТС). Предложена е идентификация в динамичен режим с използване на невронни мрежи.

Постановка на проблема

При извършване на контрол на РТС, чрез измерване на съответен параметър y , се прави проверка дали за всяко j -то изделие е изпълнено условие:

$$(1) \quad \Delta_1 \leq y_j \leq \Delta_2,$$

където: Δ_1 и Δ_2 - долна и горна граница на полето на допуск на параметъра y .

Параметърът y обикновено се разглежда като случайна (по съвкупност от изделия) величина, реализации на който се явяват $y_1, \dots, y_j, \dots, y_I$ - стойности на контролирания параметър y на j -то изделие от даден тип. От своя страна контролирания параметър y се явява функция на непрекъснат аргумент X , изменящ се в диапазона $[0, X]$, т.е. $y = y(x)$, $x \in [0, X]$.

В този случай контролът на j -то изделие се извършва, чрез проверка на изпълнението на условие:

$$(2) \quad \Delta_1(x) \leq y_j(x) \leq \Delta_2(x), x \in [0, X],$$

където: $\Delta_1(x), \Delta_2(x)$ - долна и горна граница на допустимите отклонения на контролирания параметър $y_j(x)$; $y_j(x)$ - реализация на случайната функция на $y(x)$.

На практика широко се използва дискретен контрол на случайната функция, който се заключава в проверка на изпълнението на условие (4.3.1) при I на брой дискретни стойности на аргумента X , т.е. при:

$$(3) \quad \Delta_1(x_i) \leq y_j(x_i) \leq \Delta_2(x_i), i = \overline{1, I}.$$

Обикновено $x_1 = 0$, $x_I = X$. Ако условие (4.3.3) се изпълнява, то j -то изделие се признава за годно, а в противен случай се бракува. Очевидно е, че колкото по-голям е броят на контролираните точки I от РТС, толкова по-достоверно ще е съждението за годност (негодност) на j -то изделие при изпълнение (или неизпълнение) на неравенство (4.3.3). От друга страна е естествено да се стремим към намаляване на трудоемкостта на контрола, като намаляваме I . Вследствие на това възниква задачата да се обосновава избора на рационален брой контролирани точки. При това се въвежда следната:

Аксиома: Рационален брой контролирани точки в диапазона от $[0, X]$ на изследваната функция $y(x)$ се нарича това тяхно минимално число I_p , което обезпечава зададено ниво на

ефективност на контрола и съответната вероятност за безотказна работа $P_{БР}(t)$ определена съгласно [23], т.е.:

$$(4) \quad P_{БР}(t) = \frac{1}{\sigma_Y(x) \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{Y_H - \Delta Y_{доп}}^{Y_H + \Delta Y_{доп}} \exp \left\{ -\frac{[y(x) - m_Y(x)]^2}{2 \cdot \sigma_Y(x)} \right\} \cdot dx,$$

където: Y_H е номинална стойност на изследваната функция $y(x)$ на РТС по тактико-техническо задание (ТТЗ) на производителя; $\Delta Y_{доп}$ - допустими отклонения на $y(x)$ съгласно ТТЗ; $m_Y(x)$ и $\sigma_Y(x)$ - математическо очакване и средноквадратична стойност, определени статистически от измерените стойности $y_j(x_i)$ съгласно уравнение (4.3.3).

Задачата за избиране на I_p възниква например в следните случаи на решаване на технически проблеми:

- избор на сечение в което трябва да се контролира диаметъра на механичен вал;
- при избор на интервала от време (стъпката) през която трябва да се измерват параметрите на технологичния процес при неговия дискретен контрол;
- при проверка на средства за измерване, тогава когато трябва да се избира броят на проверяваните отметки от скалата.

При използване на вероятностни критерии за ефективност на контрола, задачата за избиране на рационален брой контролирани точки на случайната функция $y(x)$ може да бъде решена аналитически ако са изпълнени следните условия [45, 46]:

- $y(x)$ се явява нормална случайна функция на аргумента x ;
- функцията $y(x)$ е стационарна в целия диапазон на изменение на аргумента x (или диапазона $[0, X]$ може да бъде разделен на участъци за всеки от които функцията $y(x)$ може да се счита за стационарна);
- вероятността за излизане на функцията $y(x)$ извън допустимите предели е малка (т.е. малък е броят на бракуваните изделия при контрола);
- относителната грешка на метода за контрол и използваните средства за измерване с които се проверява изпълнението на условие (4.3.3), е пренебрежимо малка в сравнение с ширината на полето на допуск на контролирания параметър;
- априорно е известна или могат да се определят с достатъчно ниво на достоверност следните статистическите параметри, математическо очакване $m_Y(x)$ и автокорелационната функция $r_\tau(x)$ на $y(x)$.

За даден тип РТС при отсъствие на априорни сведения, хипотезата за това, че разпределението на $y(x)$, където $x \in [0, X]$, е нормално може да бъде проверена, например чрез критерия χ^2 [44, 46]. Проверката на хипотезата за стационарност на $y(x)$ практически се свежда до проверка на хипотезата за равенство на дисперсията на случайната функция $y_0(x_i)$ в I на брой контролни точки, чрез използване на критерия на Бартлет [46]. За статистически материал при тези изчисления могат да служат стойностите y_{ij} ($i = \overline{1, I}; j = \overline{1, J}$) на резултатите от измерването на контролирания параметър в I на брой контролни точки на случайната извадка на изделия от даден тип с обем J . Тези данни могат да се използват при определяне на оценките на $\hat{m}_Y(x)$ и $\hat{r}_\tau(x)$. В следващите изчисления ще предпологаеме, че поставените условия за $y(x)$ са изпълнени. От това ще следва, че е възможно задачата за намиране на I_p да бъде решена чрез използване на теорията на отскоците на случайните процеси от [46, 47] и теорията на параметричната надеждност от [23].

При определяне на критерий за ефективност на контрола на технически системи, се предполага, че изследваната функция $y(x)$ на РТС е центрирана относно номиналната стойност Y_H и е стационарна случайна функция с граници на полето на допуса $\Delta Y_{доп} = \pm \Delta$.

В литература [47] вместо вероятността $P_{изл}\{\eta=1\}$ за едно излизане на изследваната функция $y(x)$ извън полето на допуска $\pm \Delta$ (отскок), се изчислява математическото очакване $M\{\eta\}$ на броя на отскоците η . Тази замяна е възможна при изпълнение на условието за *параметъра на разсейване при контрол* $W_{ПРК}$, определен от:

$$(5) \quad W_{ПРК} = \frac{M\{\eta\} - P_{изл}\{\eta=1\}}{M\{\eta\}} \ll 1.$$

В уравнение (4.3.5) горната граница на $W_{ПРК}$ означена с $W_{ПРК,Г}$ се оценява от израза:

$$(6) \quad W_{ПРК,Г} = \frac{M\{\eta^2\} - M\{\eta\}}{M\{\eta\}}.$$

В литература [46] е показано, че:

$$(7) \quad W_{ПРК,Г} = \int_0^x A(x) \cdot \exp\left[-\frac{\Delta^2}{\sigma_y^2(x) + r_\tau(x)}\right] \cdot dx,$$

където: $\sigma_y^2(x) = D(x)$ - дисперсия на изследваната функция $y(x)$; $r_\tau(x)$ - автокорелационна функция на $y(x)$; $A(x)$ - функция определена при $x \rightarrow \infty$ от

$$A(x) \rightarrow \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{-D''(x)}{D(x)}}.$$

От уравнения (5) до (7) получаваме:

$$(8) \quad W_{ПРК} \leq \frac{M\{\eta^2\} - M\{\eta\}}{M\{\eta\}} \leq \frac{x}{2\pi} \sqrt{\frac{-D''(x)}{D(x)}} \cdot \exp\left[-\frac{\Delta^2}{2 \cdot D(x)}\right].$$

Ако $W_{ПРК} \ll 1$, то вероятността за поява на отскоци може да се определи чрез формула:

$$(9) \quad P_{изл}\{\eta=1\} = \frac{x}{\pi} \sqrt{\frac{-D''(x)}{D(x)}} \cdot \exp\left[-\frac{\Delta^2}{2 \cdot D(x)}\right].$$

От уравнения (8) и (9) получаваме:

$$(10) \quad W_{ПРК}(x) \leq 0,5 \cdot P_{изл}\{\eta=1\}.$$

Ако вероятността $P_{изл}\{\eta=1\}$ за едно излизане на изследваната функция $y(x)$ извън полето на допуска $\pm \Delta$ е $P_{изл}\{\eta=1\} \leq 0,2$, то *параметъра на разсейване при контрол* $W_{ПРК}$ ще отговаря на условието $W_{ПРК} < 0,1$. Тази стойност на $W_{ПРК}$ може да се счита за достатъчно малка за да се замени $P_{изл}\{\eta=1\}$ с $M\{\eta\}$.

В уравнение (9) вместо $D(x)$ и $-D''(x)$ може да се използват техните статистически оценки S^2 и S_d^2 , които се изчисляват по резултатите от измерването на параметъра y_{ij} на извадката от изделия с обем J :

$$(11) \quad S^2 = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I S_i^2 = \frac{1}{J-1} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left[(y_{ij} - m_i) - \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J (y_{ij} - m_i) \right]^2,$$

където: $m_i = \hat{m}(x_i) = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J y_{ij}$ - оценка на математическото очакване на $y(x)$ в i -та контролирана точка ($i = \overline{1, I}$),

$$(12) \quad S_d^2 = \frac{1}{I-1} \cdot \sum_{i=1}^{I-1} S_{d_i}^2,$$

$$S_{d_i}^2 = \frac{J \cdot (I-1)^2}{(J-1)^2 \cdot x^2} \sum_{j=1}^J \left\{ [(y_{i+1,j} - m_{i+1}) - (y_{ij} - m_i)] - \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J [(y_{i+1,j} - m_{i+1}) - (y_{ij} - m_i)] \right\}^2.$$

Не е трудно да се покаже, че S_d^2 се явява неизместена състоятелна оценка на $-D''(x)$. Като поставим в (4.3.9) формули (11) и (12), то за изпълнението на условие $P_{изл}\{\eta=1\} \leq 0,2$ се получава:

$$(13) \quad \frac{S_d}{S} \cdot x \cdot \exp\left[-\frac{\Delta^2}{2 \cdot S^2}\right] \leq 0,2 \cdot \pi \cdot$$

Това неравенство се предлага да се използва в качеството на критерий за използване на предложението метод за конкретни типове изделия. Изпълнението на условие (13) означава, че $W_{\text{ПРК}} < 0,1$, т.е. е справедливо предположението за използване на $M\{\eta\}$ вместо $P_{\text{изл}}\{\eta=1\}$.

За *критерий на ефективността на контрола (КЕК)* се избира отношението $\xi_{\text{КЕК}}$ на две вероятности определено от:

$$(14) \quad \xi_{\text{КЕК}} = P\{A/B\} / P\{\eta=1\},$$

където: $P\{A/B\}$ - апостериорна вероятност за настъпване на незабелязан отскок при условие, че РТС е приета за експлоатация (апостериорна вероятност за грешка от втори род при контрола); A, B - събития, състоящи се в появяване на незабелязан отскок и признаване на РТС за годна след извършване на контрол.

В литература [46] се счита, че контролът е ефективен при $\xi_{\text{КЕК}} = 0,01$. На основание на допускането за малък брой бракувани (неподлежащи на възстановяване) РТС по време на техния контрол, вместо уравнение (14) за $\xi_{\text{КЕК}}$ може да се запише:

$$(15) \quad \xi_{\text{КЕК}} = \frac{P\{AB\}}{P\{\eta=1\}} = 1 - \sqrt{2\pi} \frac{2 \cdot D(x)(I_p - 1)}{x \cdot \Delta \cdot \sqrt{-D''(x)}} \cdot \Phi\left(\frac{x \cdot \Delta \cdot \sqrt{-D''(x)}}{2 \cdot D(x)(I_p - 1)}\right) = 0,01,$$

където: $P\{AB\}$ - априорна вероятност за незабелязан отскок; Φ - функция на нормалното разпределение.

След решаване на уравнение (4.3.15) получаваме за I_p :

$$(16) \quad I_p = 2x \cdot \frac{\Delta}{D(x)} \cdot \sqrt{-D''(x)} + 1.$$

Уравнение (4.3.16) е използвано при извършване на изследване на качеството на 200 часов регламентен преглед на радио-локационна станция на самолет Миг-29. Целта на изследването е определянето на оптимален брой контролни точки с цел постигането на определено ниво на надеждност на 200 часовия регламентен преглед [7]. Резултатът от изследването се различава с 10 % от дадения в регламентните карти на производителя. Самото изследване не може да бъде показано поради „класифицирания характер“ на изследваната информация.

Идентификация на РТС в динамичен режим

В динамичен режим на работа, подлежащите на разпознаване РТС зависят от моментните стойности на обучаващата двойка, представляваща функция на времето. Ако се приеме, че X като вектор на състоянието на РТС, при изпълнение на $x \in R^n$, u като входен вектор при $u \in R^n$, y като изходен вектор $y \in R^m$, то общото описание на нелинейната система, функционираща в дискретно време, може да бъде представена във вида:

$$(17) \quad x(k+1) = \Phi[x(k), u(k)],$$

$$(18) \quad y(k) = \Psi[x(k)],$$

където: $x(k)$, $u(k)$ и $y(k)$ представляват векторите на моментните стойности на съответните променливи, а Φ и Ψ са знаците на векторните статистически нелинейни функции $\phi \in R^n$, $\varphi \in R^m$, определящи инвариантния във времето конкретен нелинеен обект.

За разлика от линейните уравнения на връзките, определяните нелинейни зависимости са по-сложни и не съществува универсален метод за тяхното аналитично решение. В качеството на негов заместител се използват приблизителни математически модели, уточнявани в процеса на обучението. Следователно, проблемът за идентификация на обекта се свежда към построяването на такъв негов параметричен модел, така че отклика на обекта $y(k)$ и модела $\hat{y}(k)$ за едно и също възбуждане $u(k)$ съвпадат в пределите на допустимата грешка $\varepsilon_{\text{доп}}$, т.е. имаме:

$$(19) \quad \|\hat{y} - y\| \leq \varepsilon_{\text{доп}}.$$

Сред многото възможни подходи за реализацията на такава нелинейна система ще изберем този, който се основава на използването на невронна сигмоидална мрежа (в общия случай многослойна). На фиг. 1 е показана универсалната схема за включването на невронната мрежа като нелинеен модел на динамичната система [8, 10].

Ако се ограничим с един вход и изход, а също представим векторите на възбуждането u и на отклика на обекта y , състоящи се от елементи на запазването, т.е. имаме:

$$(20) \quad u(k) = [u(k), u(k-1), \dots, u(k-p)]^T,$$

$$(21) \quad y(k) = [y(k), y(k-1), \dots, y(k-q)]^T,$$

то общото описание на нелинейния динамичен модел може да се изрази без вектора на състоянието x във формата:

$$(22) \quad \hat{y}(k+1) = f[y(k), u(k)].$$

В това уравнение $y(k+1)$ означава отклика на нелинейния обект в момента $k+1$, а $\hat{y}(k+1)$ е отклика на невронния модел на този обект във същия момент от времето. Разликовият сигнал $e(k+1) = y(k+1) - \hat{y}(k+1)$ управлява процеса на адаптация на параметрите на модела. Редът от елементите на запазването на входа на системата образува линията на задържане с разклонения (на англ.: Tapped Delay Line – TDL).



Фиг. 1. Метод за включване на невронната мрежа за идентификация на динамичен обект на РТС

В случая на използване за идентификация на обектите от РТС, невронната мрежа като правило се включва паралелно и се използва за предсказване на задържаните отскоци в изменението на изходния сигнал (отклик) на обекта за управление (РТС) от фиг. 1.

Достойнството на това включване са следните: първо, гарантирана е ограниченост на входните сигнали на модела, представляващ миналото чрез елементи на задръжка на откликите на обекта (той априорно се счита за устойчив) и второ – опростена е формулата на генерациите на градиента. Трябва да се отбележи, че това включване на невронната мрежа осигурява еднопосочно разпространение на сигналите, доколкото изходния сигнал се явява начално известен (за разлика от изходния сигнал на модела), поради което мрежата не е необходимо да бъде рекурентна. Затова векторът на градиента се формира в съответствие със стандартния за многослойните мрежи метод на обратното разпространение.

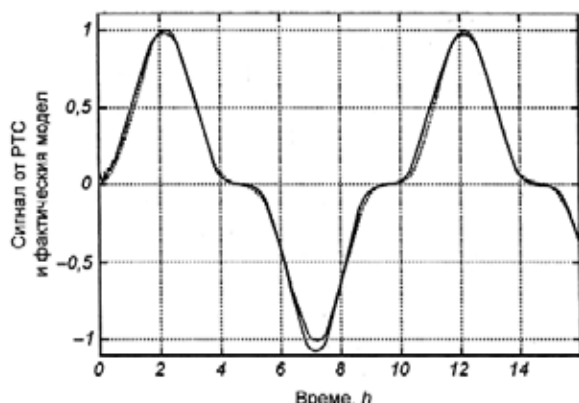
При това включване отклика (реакцията) на мрежата $y(k)$ зависи от вектора $u(k)$, представляващ ред от миналите през елементите на невронната мрежа задръжки на реализациите на възбуждащия сигнал, а също от вектора $d(k) = y(k)$, представляващ ред от миналите през елементите задръжки на реализациите на зададения сигнал, съставляващи очаквания изходен вектор на мрежата. В тази ситуация невронната мрежа изпълнява функциите на класическата многослойна статическа мрежа.

Като пример ще разгледаме идентификацията на нелинейния динамичен обект на Винер, състоящ се от последователно включени линеен филтър на Баттерворт от шести порядък и нелинеен елемент във формата на полиномиална функция на X^3 . В невронния модел на този обект е използвана мрежа с един скрит слой, съдържащ 25 неврона. Входният слой се състои от 24 възела, а изходният вектор е съставен от 12 минали през елементите задръжки на реализациите на входния вектор x и 12 реализации на вектора d , сформирани от реакциите на обекта.

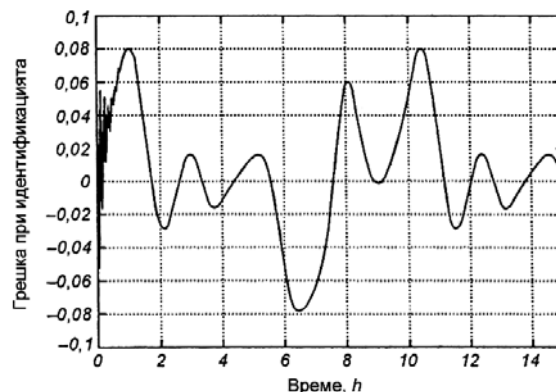
В качеството на входни сигнали $u(k)$ се използват случайни стойности. Обучението се провежда с използването на програмата Netteach. След подбора на теглата се тества способността

на мрежата за обобщение, за което на нейния вход се подават детерминирани сигнали с фиксирана структура. Демонстрираните резултати се отнасят само за възбуждане с форма на синусоиден сигнал.

На фиг. 2 са показани графиките на изменението на сигнала, генериран от нелинеен обект (РТС) във вид на пунктирна линия и сигнала получен от изхода на невронния модел (непрекъсната линия) при синусоидално възбуждащ сигнал.



Фиг. 2. Резултати от тестването на обучена невронна мрежа при обработка на входни синусоидални сигнали: изходен сигнал от РТС (пунктирна линия) и изходен сигнал на невронната мрежа (непрекъсната линия)



Фиг. 3. Графика на грешката при идентификацията на РТС чрез невронна мрежа

На фиг. 3 е показана разликата между стойностите на зададените и фактическите (генерираните от модела на РТС подложена на идентификация) стойности на изходния сигнал. Това в действителност е грешката при идентификацията на РТС чрез невронна мрежа. Тази грешка е относително малка (под 8 %) и свидетелствува за високото качество на полученото решение.

По подобен начин може да се идентифицира рационалният брой на контролираните точки на съответна РТС и да се повиши надеждността на техническата експлоатация.

Заклучение

В резултат на извършеното изследване могат да се направят следните изводи:

1. Получен е аналитичен израз за определяне на рационален брой контролирани точки от съответната техническа система (включително и РТС).
2. Грешката при използването на уравнение (4.3.16) е по-малка от 10 %, като тя представлява критерий за използването на метода за конкретни типове технически изделия.
3. В резултат на извършената идентификация в динамичен режим на РТС, чрез използване на невронни мрежи и входен възбуждащ сигнал е постигнато високо ниво на надеждностна оценка.

Литература:

1. Петров Н. Експлоатационна надеждност на рискови технически системи. Издателска къща "Учков", България, ISBN 954-9978-26-5, 2002.
2. Tomas L. Quality assurance. New York, 1988.
3. Гуревич В., Б. Пикелъ, В. Ратмиров. Информационный критерий выбора числа точек контроля изделий. Журнал "Измерительная техника", 1978, №4.
4. Коротков В., Б. Тайц. Основы метрологии и теории точности измерительных устройств. Изд. "Стандартов", Москва, 1988.
5. Bendat J., A. Pirsol. Measurement and Analysis of Random Process. London, 1984.
6. Volkoniski V. Limit Theorems for Stochastic Functions. Theory Probability and its Using. Vol. V, 1981.
7. Статистически анализ на експлоатационната надеждност на самолет Миг – 29. Главен щаб на ВВС. Република България. "За служебно ползване", 2000.
8. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. Москва, Изд. "Финансы и статистика", 2004.
9. Verbruggen H. B., R. Babuska. Constructing fuzzy models by product space clustering; In: Fuzzy model identification; Eds. H. Helendorn, D. Driankov, Berlin: Springer; 1998; p.p. 53-90.
10. Jang J. S., C.T. Sun, E. Mizutani. Neuro-Fuzzy and soft computing. N.Y., Prentice Hall, 1997.

ANALYSIS OF TECHNICAL DEVICES FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION

Stoyan Velkoski¹, Georgi Kotevski¹, Frank Otten²,
Gordana Zlateva-Velkoska³, Jadranka Denkova⁴

¹Institute "GAPE" – Skopje, R. Macedonia;

²Laatzen, Germany

³Clinical Centre, Skopje

⁴Crises Management Center GOV RM, Skopje

e-mail: contact@igape.edu.mk; www.igape.edu.mk

Key words: electromagnetic radiation, protection, bio-pyramid, radiesthesia

Abstract. Sources of electromagnetic radiation can be divided into two groups:

a) Natural sources

b) Artificial (technical) sources

Natural sources of radiation include: solar storms, cosmic rays (Kerrew's net, Hartmann's net, Stojan's net and Stojan's cosmic groups), geopathogenic underground radiation sources, ionization, bio-architecture and other radiations that can be evoked in a natural way.

Artificial sources of radiation consist of transmitters in mobile and relay telephony, radar systems and other electric and technical appliances and instruments used in everyday activities.

The electromagnetic radiations have a powerfully expressed depolarizing power over the cell membrane. The result is a disturbed intercellular collaboration, which can cause severe and heavy diseases.

Ever since the man has discovered the harmfulness of electromagnetic radiation, he contemplated how to protect himself.

Various instruments and devices well advertised emerged on the market, most of them with only a softening effect or reflective, but did not protect.

Some of the solutions have been reached as a result of the very form or the composition, e.g. filled up with quartz sand or similar crystals, which in short term can have positive effect on the space, but then become neutral or even represent sort of transmitters of damaging effect on space, like the biopyramide PXD and other similar to them. With instruments and devices like this, people are manipulated, and that is why they are interesting in technical, psychology, low, economic and other analyses.

Today there is only one well-known solution worldwide - Neutralizer-Transformer BIO-SPH, which in addition to the softening effect on the space, has a neutralizing effect, which by means of conversion reduces the radiation intensity and disables the depolarizing power on the cell.

Introduction

Since the human being has become aware of the harmfulness of the electro-magnetic radiations many technical solutions have been explored for protection against them. Different methods have been used, as for example: following the animals' instinct, the decaying of animal tissue etc. In spite of such analyses the human being has started to detect them by means of traditional appliances and instruments. This type of detection with traditional instruments is named radiesthesia. Radiesthesia, as a scientific branch, belongs to geo-biology and represents the base of contemporary detection.

The detection brought about the use of protective measures, such as straw, tar, oils, plastic foils, metal sheets, spirals etc. Different devices have been used for protection against electro-magnetic radiations, especially during the eightieth years of the 20th century. They can be divided into three groups according to their meaning and function: beneficial, reflective and neutralizing-transforming.

Beneficial: The beneficial means are as follows: shapes, colors, materials, light, sound, smell etc. In this group the shapes of Cheops pyramid are often used but they are also misused in the most cases. The influence of the Cheops pyramidal shape against the electro-magnetic radiations in the environment has not been scientifically or technically demonstrated until now. The measures of its efficiency are only empirical. From this aspect the Cheops pyramids are misused in the following ways:

- Nonfunctional elements and forms which, supposedly, create some positive "miracle" and influence on the human health are placed within the pyramid;

- Sand is placed in the Cheops pyramidal forms and one side of the pyramid is marked. The manual instructions say that the marked side must be placed to the north, which leaves certain psychological effect on the consumer;

- The contemporary pyramidal forms which are, unfortunately, presented on the market represent a combination of the above mentioned two types. Among the others, the PXD bio-pyramid belongs to this groups.

Reflective: This type of measures, intended for protection against electro-magnetic radiations include different spirals, foils, printed plates, metal sheets, nets etc.

This type of reflective protective measures have the possibility to reflect and to dislocate a particular frequency of radiation laterally from the protective device. The "Biosaner" is one type of such measures which represent a circuit printed in the shape of a four-leaf clover. The results are accessible by empirical methods and by using the technical measuring instruments.

Neutralizing-transforming: This type of measures have the capacity to neutralize and to transform the electro-magnetic radiations, thereby changing the radiation intensity, especially of those up to 300 MHz. The natural electro-magnetic radiations are included in this scope.

We can mention the following appliances from this group: Ray master and neutralizer-transformer BIO-SPH where the functions of the appliance have been technically and clinically verified. The influences of the above mentioned technical solutions also have the first group (beneficial) characteristics besides the influences of the devices belonging to this group. Besides with empirical measuring instruments, the results can be achieved with technical measuring instruments as well.

Purpose of Exploring

The purpose of this exploring are the frequent public advertisements of pyramids intended for protection against electro-magnetic radiations where many people from different structures in our society are included.

There are variable models of sale, one of which is the multilevel system. These circumstances have spread fear and panic among people, especially in the Republic of Macedonia, where this propaganda is the most intensive, as opposed to the ignorant public policy which is obliged to protect the people.

The advertisement says that the product protects the people from long-distance power lines, high-voltage power stations, transmitters, computers, cosmic, geo-pathogenic and almost all other radiations. These statements go so far as to say that these radiations kill the people and the unique way of protection is the offered product.

In this respect, different appliances are offered to people. The real value of the offered products is 1–5 Euro but their market price is 120 Euro and more. These circumstances reduce the home budget while the people are indirectly exposed to dangers.

In the present time one of the most prominent case of this type is the actual product, the bio-pyramid PXD. According to the advertisement, this product, supposedly, protects the people and represents the unique world "miracle".

In the beginning, it was said that the product possessed an inside chip constructed by Nikola Tesla, but after the public refutation they immediately stopped this thesis because they did not have an adequate answer to the reactions of the people. After that they took some German Certificate about the same product with supposed confirmation of its efficiency and its capacity to protect from electro-magnetic radiations.

Materials and Methods

Many different known protective devices, which are used for protection against electro-magnetic radiation, have been analyzed, and a special accent was given to the bio-pyramid PXD (Fig. 1). In the beginning, this type of pyramid was named IDRA, but since a year ago it has been named as PXD. It has the pyramidal shape of the Cheops pyramid with two pieces of porcelain cast. The upper part is 2/3 from the base surface.

The accuracy and the efficiency of the protective device have been analyzed.



Fig. 1.

Different methods, technical and traditional, have been used during the analyses. The great range of frequencies and sources of radiation have been taken into consideration according to the product

advertisements. Recently, the product has received a Certificate, which is publicly presented as Functional Certificate issued by the International Electric-Smog Institute from Germany.

The advertisement of this device goes so far as to claim that its efficiency and capacity of protection from electro-magnetic radiation enable the accumulation of radiation inside of the pyramid from the area of 153 m². The upper cap of the pyramid should be opened after 3–4 months and the accumulated radiation should be ventilated through an open window.

Unfortunately, a great number of people do not take into consideration the real characteristics and the function of the PXD pyramid. People think that after purchasing the PXD pyramid, they have solved all the problems they had with electro-magnetic radiations (even in the case of high-voltage power transmitters which were passing above the customer's buildings).

For that purpose, complete functional analyses of PXD pyramid have been made upon the demand of several users of PXD.

Analyses from the received German Certificate have been included during the exploration, verifying the product's function described in the advertisement.

The analyses are divided in two phases: Analysis I and Analysis II.

ANALYSIS 1: The pyramidal shape of the Cheops pyramid with title of PXD bio-pyramid has been analyzed. The pyramid dimensions are 11.5 x 11.5 x 7.5 cm, and it is made of ceramic. The above part is a separate cap and together with the other part makes out the Cheops pyramid shape. The rectangular porcelain piece with dimensions 31 x 31 x 39 mm is located inside of the pyramid. It is filled with fine sand mixed with jackal, quartz and other materials. Paper is glued on the opening, on which there is a round and engraved metal shape with dimensions 22 x 0,5 mm or the so-called chip located at 2/3 from the base and the upper part of the cap of the pyramid. The same is without any serial number or warranty.

This product is publicly advertised as intended for protection against electro-magnetic radiation. According to the product function, the same belongs in the field of physics and should be accessible for technical and measurable perception.

As there is no technical analysis of the product's function, made from any authorized institution, we have carried out some analyses with disposable means and methods.

Technical measuring devices used for analysis:

- BBM AC Magnetometer
- FGM 4 Magnetometer
- FGM 3 Magnetometer
- Multi-detector
- Three-field meter
- Tesla-meter
- Spectran H.F. 6060
- Divining instruments and devices

ANALYSIS 2: It is said in the constant public advertisements that the bio-pyramid PXD is attested by the IGEF INSTITUTE from Germany as satisfying all the functional criteria.

In connection with the German Certificate, a representative of the Institute - issuer of the Certificate IGEF, Mr. Paul Sommer confirms the following: that the bio-pyramid PXD has in no way been tested for reduction of radiation, but the analysis has been made with the biofeedback method (Fig. 2) where 22 volunteers were tested. After the examination was performed with the PXD pyramid, 30 % of the volunteers did feel some change when presented with the PXD pyramid.

"We did not permit the advertising of the bio-pyramid for protection against the radiation, but only for its positive influence to the people".

"We are not an Institute, but an Association which is evident from our web-site www.electrosmog.com".

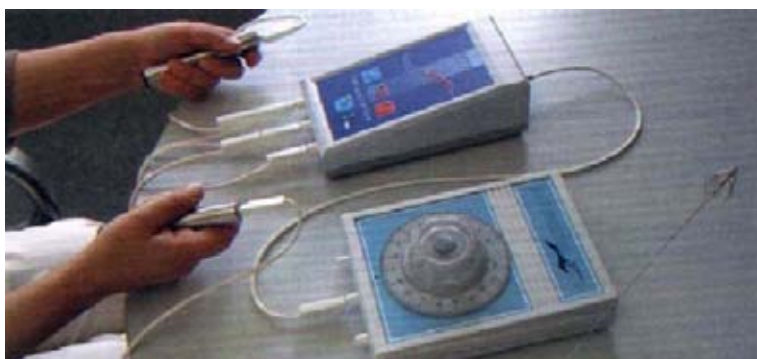


Fig. 2.

What does biofeedback mean?

"Biofeedback is a process of learning to control the individual's own psycho-physiological functions by means of feedback information which is received through a certain electronic technology. This is a process of learning certain mind-body skills. Learning to recognize and to change the physiological responses is something similar to learning bike riding, playing tennis or piano, which necessitates practice. With practice, we become aware of our own psycho-physiological models of stress reaction and we learn how to control them. We can learn, without much effort, how to correct our own blood circulation, to change the breathing rhythm, the blood pressure, the muscle stress, the mental condition, to improve our concentration or achieve relaxation. We can practice our brain by neuro-feedback training to "produce" certain cerebral waves and to obtain some desired brain condition. Learning to self-control the physiological functions has considerable influence over health. The learned skills become automatic and after the training they are practiced independently from the therapist. The self-control of the physiological functions relieves the individual from medicaments in the most cases. There are no registered negative effects." (Extract from the Association web-side intended for biofeedback from Republic of Serbia <http://www.biofidbek.com/>).

Results

Results of Analysis 1: The bio-pyramid PXD is a two-piece pyramid, made of porcelain. The rectangular porcelain piece is located inside the pyramid (described above) and filled with river sand. A labyrinth is engraved at the upper side of the rectangular piece, a copy of which can be seen on page 268 in the book "Medicine of Living" by the author Jacques Lamaya printed in "New Yugoslavia"- Vranje published in 1989 in Belgrade, SFRY (Fig. 3).

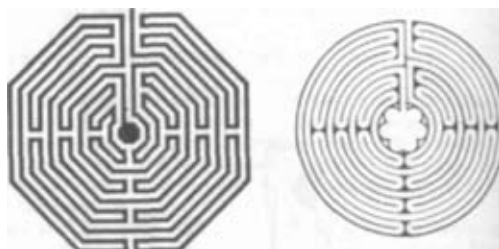


Fig. 3.

This labyrinth is presented as "bio G chip" invention of highest technology. The PXD pyramid is tested according to the recommendations referring to its correct functioning. The bio-pyramid had been exposed to sunlight with its upper cap open. During the testing the marked side of the bio-pyramid was always turned to the north.

The analyses of the above mentioned form were as follows:

- We have located the measuring device at 40 cm in front of the computer's monitor (CRT). The obtained intensity was 4 mG. Immediately afterwards the bio-pyramid PXD was placed between the measuring device and the monitor. **The subsequent measurements did not register any change of the field intensity.**

- We have registered the magnetic field of 5.5 mG in front of the same monitor at 20 cm without the PXD bio-pyramid. The same measurement has been repeated with the PXD bio-pyramid located at 20 cm in front of the monitor immediately below the measuring device. After 5 minutes the obtained results were 5,5 mG, **meaning that we have not registered any change.**

- We have measured the electricity component of 2 kV/m, at 20 cm in front of the same monitor without the bio-pyramid PXD. The subsequent measurement was carried out with a bio-pyramid located at 20 cm distance in front of the same monitor and parallel with the measuring device. **The subsequent measurements did not register any changing of the radiation intensity.**

- We have measured the electricity field in the amount of 15 kV/m in the vicinity of the high-voltage power transmitters in the settlement of Pintija. The PXD bio-pyramid was located near the measuring device at the distance of 1 m. The control measurement, performed 5 minutes after the placement of the PXD bio-pyramid **did not register any changing.**

- We have measured the geo-pathogenic field which was 80 cm wide and has been detected on the Dimce Mircev Street. The measurements were carried out by means of technical measuring devices in the presence of $E = 0,05$ kV/m and a magnetic field of $B = 0.04$ mG. The measurements were also performed with empirical (traditional) devices. The subsequent control measurements were made after 5 minutes, after the PXD bio-pyramid was located in the immediate vicinity. The results obtained by the technical measuring instruments **did not register any changing of the field.** The measurements were carried out at different distances of 1, 2, 3 and 5 m between the PXD pyramid and the measuring device, respectively. The

measurements performed with the empirical methods and with empirical instruments have shown results up to 37 cm around the bio-pyramid PXD.

- The same measurements are carried out with (k), (h) and (s) cosmic knots. The subsequent measurements have shown the same condition as with the gpr, meaning that the results were obtained only by the empirical methods at the approximate distance of 37 cm from the bio-pyramid PXD.

- The same measurements were performed with empty plastic and paper shapes of the Cheops pyramids. The compared results have been almost identical to those obtained with the PXD bio-pyramid.

- The PXD bio-pyramid specimens have been sent to different authorized institutions for examination. The Bulgarian Academy of Sciences in Sofia has made one examination, but the results were also negative.

All the measurements carried out so far have not registered any reduction of the electro-magnetic radiation which has always been the main purpose for their public advertising.

RESULTS OF ANALYSIS 2. The Certificate was issued by the German Association IGEF and dated 22.03.2007. The term "association" indicates an association of citizens but not an Institute, as this institution was named by the public proclamations.

The examinations were carried out with the feedback method, shown on Fig. 2, on 22 volunteers, which does not represent a relevant number for a serious scientific elaboration.

In accordance with the above mentioned we can conclude the following:

The human body reacts to different external and internal influents (stresses).

External influences: besides the mechanical influences, sound, light, humidity, temperature, wind, color, interior shape, radiation etc. can be considered as external influences.

Internal influences: these influences refer to inner negative stimuli and include the following: stress, nervousness, anxiety, thoughts, suggestions, speech, health condition etc. Also, we can conclude that the feedback examinations of the PXD bio-pyramid are not scientifically proved. We can expect results from these examination only on persons prone to suggestion, which was noticed in this case.

The human body can emit impulses, as is the changing of the pulse as a reaction to any of the above mentioned influence.

The Certificate issued by the Association, relying only on the bio-feedback method, can be treated only as a psychological effect to certain number of people based on their suggestible nature, but not as a technical or clinical attest, as was publicly advertised. This type of product needs scientific analyses and opinions, certificates or attests issued by authorized scientific institutions. The international scientific publications are needed in case of an invention.

The results of the study must include physical parameters, demonstrating which frequencies are reduced by the device and what happens with the living beings without the presence of any placebo effects. So far, the most relevant protective devices against the electro-magnetic radiation, which have been clinically and technically attested are the Neutralizer-transformers BIO-SPH (Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6). A part of the expertise's can be seen on web site: www.soncevzrak.com. The function of the product, which is advertised as protective against radiation, can be justified only by this kind of arguments.

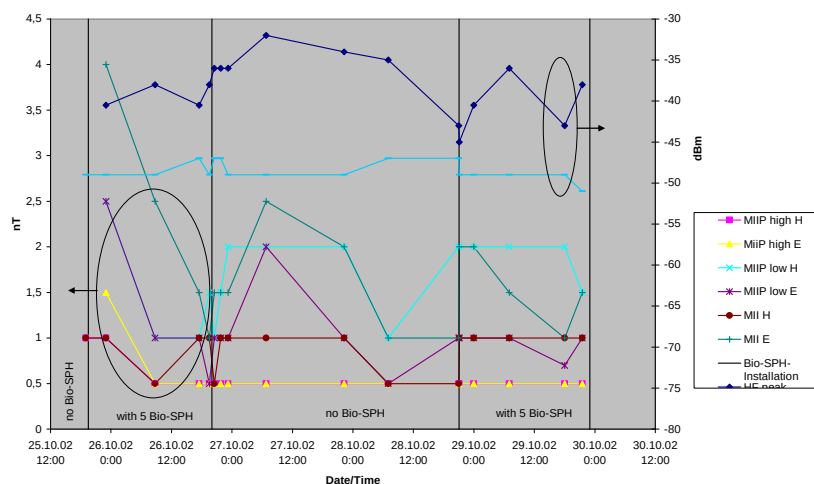


Fig. 4.

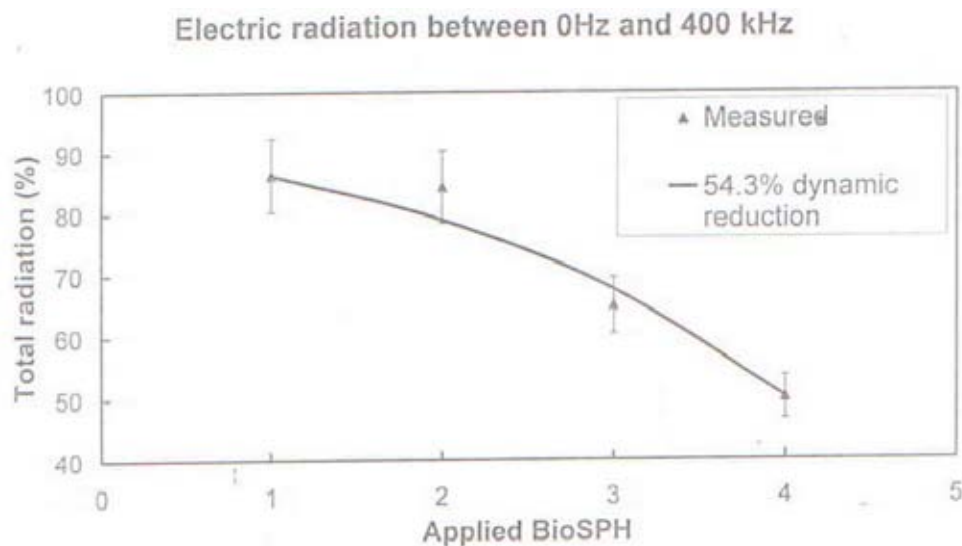


Fig. 5.

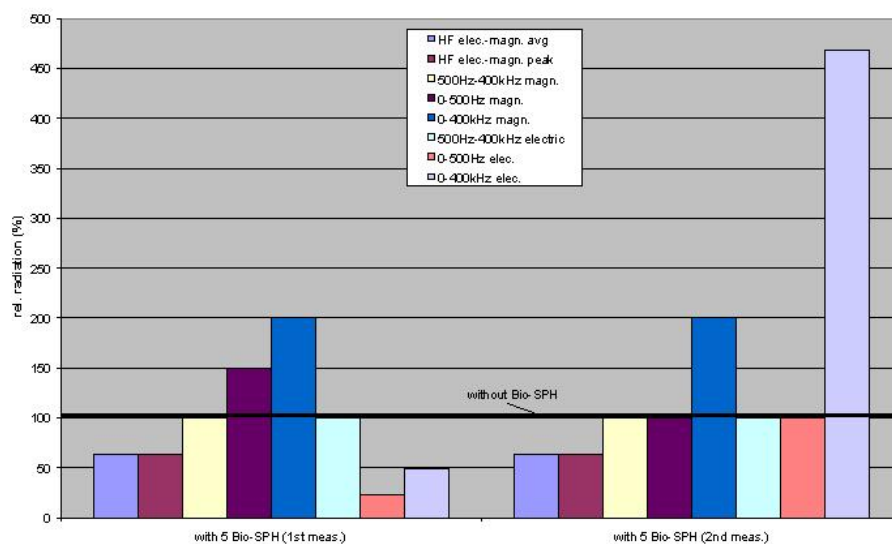


Fig. 6.

Discussion

"The radiation kills, the bio-pyramid PXD can save you, as this product has been attested at the International German Institution for electro-smog". The above mentioned words are the most frequently used ones in the public advertisements.

How do the people feel, listening to this text, daily advertised by renowned reporters, doctors etc.?

It was confirmed that during the analysis, the examinations were not made by an Institute but by an Association of citizens, which represents a legal entity smaller than a company.

The examination was carried out on the basis of bio-feedback i.e. on psychological effect on 22 volunteers. Scientifically, this Certificate is not a technical solution, but an analysis of the psychological effect on small group of people.

The measurements were performed in such a way that the subjective influence was presented to a considerable level.

The representatives of the IGEF Association themselves said that the examinations were made on the base of a psychological effect, but not pursuant to any technical attest.

Now the product is advertised every day, making the psychological pressure to the people purchasing in panic the "pyramid-savior" although the price of this type of pyramid is approximate to their monthly salary.

Conclusion

On the base of the analyses carried out on the functionality of the PXD bio-pyramid against the electro-magnetic radiations, with an unlimited shelf-life, we can conclude that the same product does not fulfill the functions presented in the catalogue and through the public advertisements.

The mentioned bio-pyramid PXD can be treated only as a Cheops shape with certain positive effects but the same can not prevent the radiations from technical and other electro-magnetic sources.

The PXD bio-pyramid is porcelain-cast. The rectangular porcelain piece is located inside the pyramid filled with fine river sand. An engraved nickel-coated piece of metal sheet is placed at the opening of the rectangular sand-filled shape.

The following is necessary in order to advertise some product intended for protection against the electro-magnetic radiations: the measurements against the electro-magnetic radiation should be performed by the authorized institutions, and by technically educated individuals. In case of an innovation, the measurements should be carried out by a Ph.D. expert in this field, supported by numerous scientific elaborations, physical and technical attests, with defined frequency of reaction, and all the above mentioned should be confirmed with technical measuring instruments. The non-fulfillment of these requirements implies violation of the law.

In this case two tilted pieces of string, which are not considered as scientific technical support, are used to prove the product's functionality.

In this case, there is every right to say that it represents a complex and a serious violation which is interesting for various aspects of analysis, such as: for scientific-technical, legal, economical, psychological and others.

References:

1. F a r k a s B. New Radiesthesia, Zagreb, 1988.
2. L a m a y a J. Medicine of Living". Belgrade, 1989.
3. F a r k a s B. Radiesthesia in practice", Zagreb, 1990;
4. M a r d i r o s s i a n G. Natural Ecocatastrophes and Aerospace Techniques and Instrumentation for their Study, Sofia, 2000, 384 p.
5. D e l i p e t r o v T. Bases of geophysics, Stip, 2003.
6. V e l k o s k i S. Distanciona aerokosmichka i nadzemna istrajivawa dejstva elektromagnetnih zrachewa na zhivotnu sredinu", Tivat, 2004.
7. V e l k o s k i S., G. K o t e v s k i, G. Z l a t e v a – V e l k o s k a, G. M a r d i r o s s i a n. Effect of the electromagnetic radiation on the cell function and protection with BIO-SPH. SENS 2005, Varna 2005.
8. V e l k o s k i S. Discovering and working on the harmfulness cosmic knots of the new discovered S2-net SENS2006, Varna 2006.

SOME ASPECTS OF QUALITY CONTROL OF TEMPERATURE DATA ACQUIRED WITH A CTD SYSTEM

Nadezhda Valcheva, Atanas Palazov

*Institute of Oceanology - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: valcheva@io-bas.bg, palazov@io-bas.bg*

Keywords: Data quality control, sea temperature, CTD system

Abstract: Data quality control, or data validation, is an essential part of environmental data management, which primary objective is to ensure timely, efficient and open access to the best possible data, metadata and associated products, for use and re-use throughout their life-cycle and to prevent loss of data and associated information. There are several aspects of ocean data validation among which most important are primary automatic quality control of data and scientific/expert quality control.

The discussion on the data quality measures in the paper is followed by examples of their application to temperature data obtained within the monitoring program of the Institute of Oceanology. Due to large variety of data sources only data acquired with the CTD Sea Bird 911plus system obtained in the period 2002-2006 are considered. The described quality control procedure validates the pressure (or depth) and temperature data as well as the principal metadata concerning the time-space coordinates of the CTD profile, as well as comprises checks on trends, expected correlations between variables, and comparisons with other data sources. Eventually, other variables, such as dissolved oxygen, chlorophyll, and nutrients are included as well. More specifically the oceanographic data editing and quality control examined here includes: spotting and identification of outliers or offsets; editing of data value and quality flagging; automatic range checks and manual or automatic editing; and climatologic expert assessment.

1. Introduction

Quality control is a vital prerequisite to scientific analysis of environmental data that ensures the information on how data was gathered, checked, processed, what errors were found, and how they have been corrected or flagged. It allows data from different sources to be integrated in long time series, and included in the oceanographic management system. Investigations of marine environment often require complex and large national and international research activities (Manual and Guides 26-Manual, 1993). Their outcome needs a data management plan which includes details about the data quality control in addition to a scientific and measurement plan. This quality control comprises all actions of the data originator in connection with data collection and validation. Only after these tests should the data be included in a database or distributed to users via international or national data exchange. The objective of data quality control is to ensure the data consistency within a single data set and within a collection of data sets, and to ensure that the quality and errors of the data are apparent to the user, who has sufficient information to assess its suitability for a task.

The four major aspects of oceanographic data validation are instrumentation checks and calibrations, complete documentation about the field measurements (location, duration of measurements; method of deployment, sampling scheme, etc.), automatic quality control and scientific or expert quality control which is the process of combining statistical analyses of the data with knowledge of historical means and of the relevant environment to make a scientifically based decision about the validity of each data point (UNESCO Guide, 1999).

Since the climatologic test constitutes an important step of quality assurance, there is need main hydrological features to be well-known.

The Black Sea has a specific hydrological structure that is due to the restricted water exchange with the other parts of the World Ocean more specifically with the Mediterranean through Bosphorus strait and the significant volume of fresh water inflow. River run-off is concentrated basically in the north-western part of the Black Sea while the warmer (13 - 16°C) and saltier (28 - 34‰) the Marmora Sea inflow – in the south-western part of the sea. The less dense waters circulate in the upper 50m layer through currents and turbulent processes. The main Marmora Sea water mass is denser and is distributed in deep water layers.

During the winter surface layer cools down to 6 - 7°C and the convective mixing spread to the depth of 50 - 60 m. Below the convective layer water temperature slightly increases up to 8.6 – 8.8°C at depth of 200m. At

depth of 1000m it is 9°C and temperature remains stable to the bottom. In summer surface temperature is 23 - 25°C. Depth of surface mixed layer is 15 – 20m and rarely reaches 30 m depth after strong storms. It is followed by cold intermediate layer with absolute vertical minimum of temperature. Water temperature in this layer is near to winter temperature in convective layer. The seasonal thermocline of abrupt temperature diminution is formed between these two layers. The cold intermediate layer is a unique feature of water stratification that in the Black Sea case is salinity dominated (Blatov et al., 1984).

2. Data and methods

2.1. Data description

The temperature data are derived through the CTD casts during the RV “Akademik” cruises in the Western Black Sea carried out in 2002-2006. The spatial distribution of observations conforms to the monitoring scheme of the Institute of Oceanology (Palazov *et al.*, 2005) shown in Fig. 1. The raw data are processed with SBE Data Processing tool and are consequently submitted to standard quality control procedures.

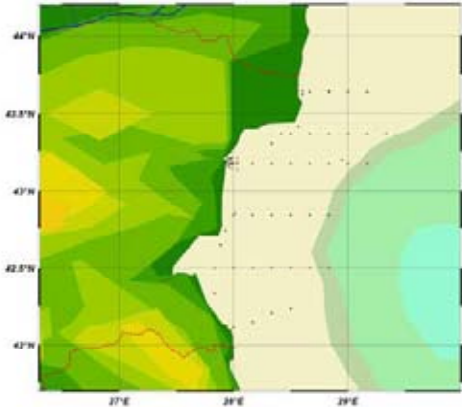


Figure 1. Station spatial distribution within the sea water monitoring scheme of the Institute of Oceanology.

The raw data are processed with *SBE Data Processing* tool and are consequently submitted to standard quality control procedures.

2.2. Quality control procedures

Current quality control procedure validates the pressure (or depth) and temperature as well as the principal metadata concerning the time and space coordinates of the CTD profile. A range of checks are carried out on the CTD data to ensure that they have been imported into the database correctly and without any loss of information (Manual and Guides 26-Manual, 1993). They include:

- Check header details (metadata) such as station numbers, date/time, latitude/longitude, instrument type, data type *etc*;
- Check ship speed between two consecutive stations (e.g., speed greater than 15 knots means wrong station date or wrong station location);
- Position on land test checks whether the profile position falls within the land polygons describing the area. Generally, for the Western part of the Black Sea the area covers from 27.25 to 29.5 in longitude and from 42 to 44 in latitude;
- Check pressure increasing finds record shallower than the preceding one;
- Check no data points below bottom depth;
- Broad range checks - check for extreme regional values compared with the minimum and maximum values for the region. The broad range check is performed before the narrow range check;
- Spikes detection;
- Narrow range check - comparison with pre-existing climatological statistics;
- Check of individual or groups of plot profiles for consistency;
- Check profiles versus climatology for the region.

As a result, to each numerical values of vertical profiles data sets, which are submitted to above described set of checks, is assigned an appropriate quality flag. No data are modified by the quality control procedure. If the data must be modified for some reason, these modifications are implemented outside the quality control procedure and the quality flags must be adjusted in consequence.

Several software packages performing data quality control have been developed in the framework of European and international projects. For the purposes of the present study quality checks are carried out using Ocean Data View (Schlitzer, 2006). This software offers wide range of data visualization and

processing tools. The result of quality control is to add a quality flag to each numerical value. Quality flags are 0 for good data, 1 for unknown, 4 for questionable and 8 for bad data.

2.3. Climatology used

The best-known climatologic datasets are World Ocean Atlas editions 2005. However, this set does not include any CTD data for the Black Sea. Therefore, MEDAR/MEDATLAS regional climatology (Mediterranean and Black sea) is used. Although it does not offer sufficient data volume in its part for the Black Sea it is the only one available set for regional and sub-regional data quality validation.

MEDATLAS database of temperature salinity and bio-chemical parameters climatologic Atlas is created to rescue, safeguard and make available a comprehensive dataset of oceanographic parameters collected in the Mediterranean and Black Sea, through a wide co-operation of the Mediterranean and the Black Sea countries, where the need for marine database and appropriate data management is particularly crucial (Medatlas Group, 1994). The calculation scheme of climatic temperature and salinity fields included three steps: calculation of statistical characteristics (climatic norms) for 1°- squares; interpolation of the calculated data through objective analysis procedures; mapping and visualization.

3. Discussion

3.1. Preliminary tests

Calibration procedure of the CTD sensors is the first phase of the quality control. To obtain the highest quality data, necessary corrections need to be applied through pre- and post-cruise calibrations of pressure and temperature sensors in the laboratory. Further within this preliminary procedure, the header information is tested for correct date, time, position and other operator errors as described above. Special attention is paid to records with increase of pressure as they produce artificial spikes. They are a negligible part of the entire dataset; therefore, these minor recording errors are edited. The temperature profiles undergo visual inspection to identify and flag erroneous data within the profiles and erroneous profiles within the cruise.

3.2. Control checks against climatologic statistics

Control checks against climatologic statistics assumes primarily broad and narrow rang tests for outliers definition. The selected dataset is checked against broad and narrow range thresholds established within MEDAR/MEDATLAS Protocol (Maillard et al., 2001).

A good example is the dataset obtained during the March 2003 cruise. Checking the data with the broad range tests results that all records falls into the prescribed interval. However, the narrow ranges test detects 292 outliers. All cases correspond to temperatures lower than 3°C (Fig. 2a). Although such local cooling in shallow water coastal areas is possible, such temperature drop is unlikely to occur in particular considering the reported atmospheric conditions before and during the cruise: air temperature varying between 0 and 4°C and wind speed 5-12 m/s blowing from the northern quarter. Moreover, such an extreme is neither reported in MEDAR/MEDATLAS nor recorded during another monitoring cruise of the Institute of Oceanology. Therefore, a questionable flag is assigned to corresponding data values.

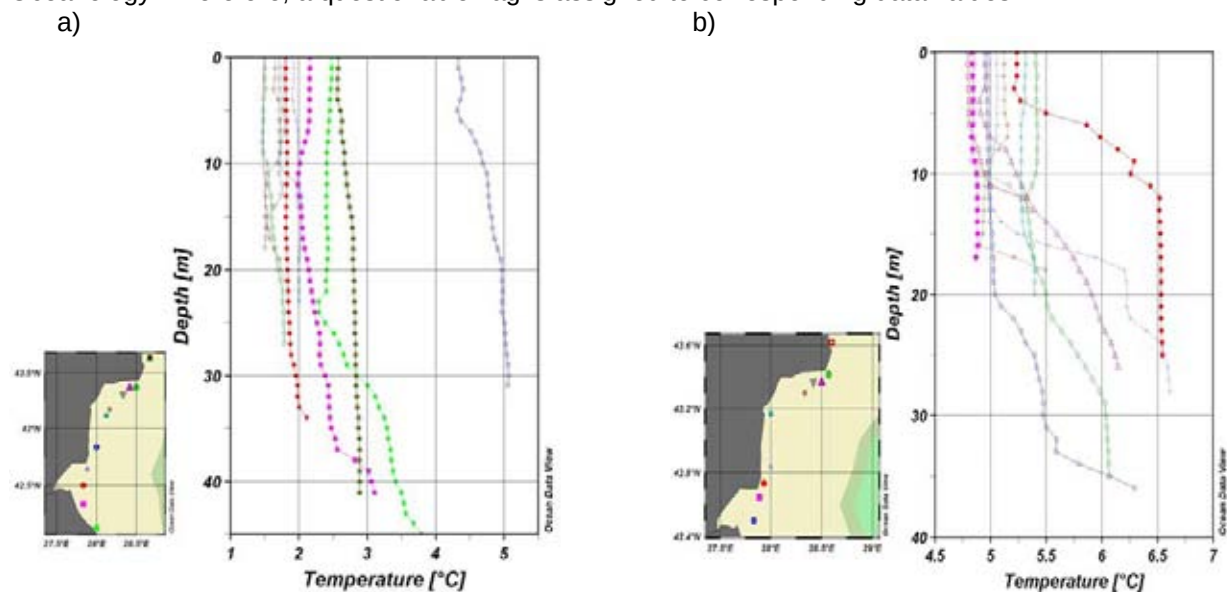


Figure 2. Comparison of doubtful profiles from March 2003 cruise (a) with those obtained during the March 2005 cruise (b) at similar atmospheric conditions.

The profile-to-profile comparison between doubtful and neighboring values shows that the supposed cooling process is isolated close to the shore. Further, evaluation of the same profiles against those obtained during the March 2005 cruise at similar atmospheric conditions (Fig. 2b) is another proof for the supposed inconsistency of the recorded profiles.

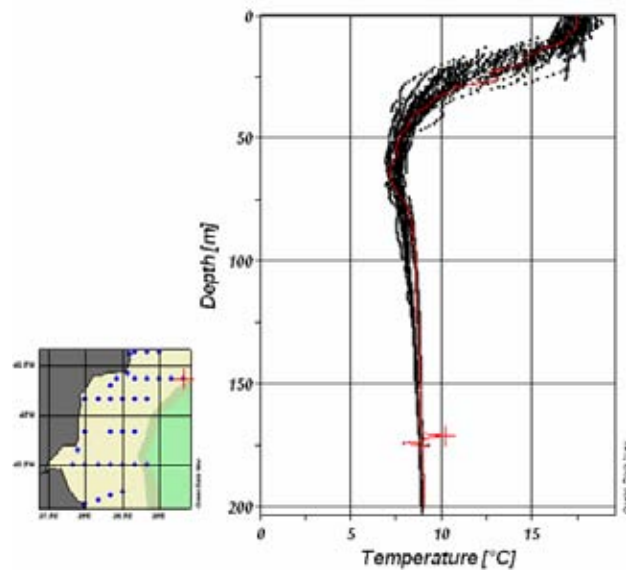


Figure 3. Example of spike detection for June 2004 cruise.

Another data test is associated with detection of spikes. Here, it is illustrated with vertical profiles derived during the cruise performed in June 2004 (Fig. 3). Two spikes are detected at depths between 150 and 200 m, which existence is ungrounded considering climatic vertical distribution of temperature. Estimated spike values are 1.18°C и 1.4°C, respectively. They exceed the threshold value set for the Black Sea. Therefore, flag for bad data is assigned. Both points that fail this test are bad and their quality control flags are set to 8. The corrected profile can be seen in Fig. 4a.

3.3. Comparison with regional climatology

The principle of the QC of any parameter is to compare the observations with the available statistics of the same parameter. These statistics vary from a region to another, and the checks are adjusted accordingly. The studied dataset is used for gross compared against MEDAR/MEDATLAS profiles for the Western part of the Black Sea.

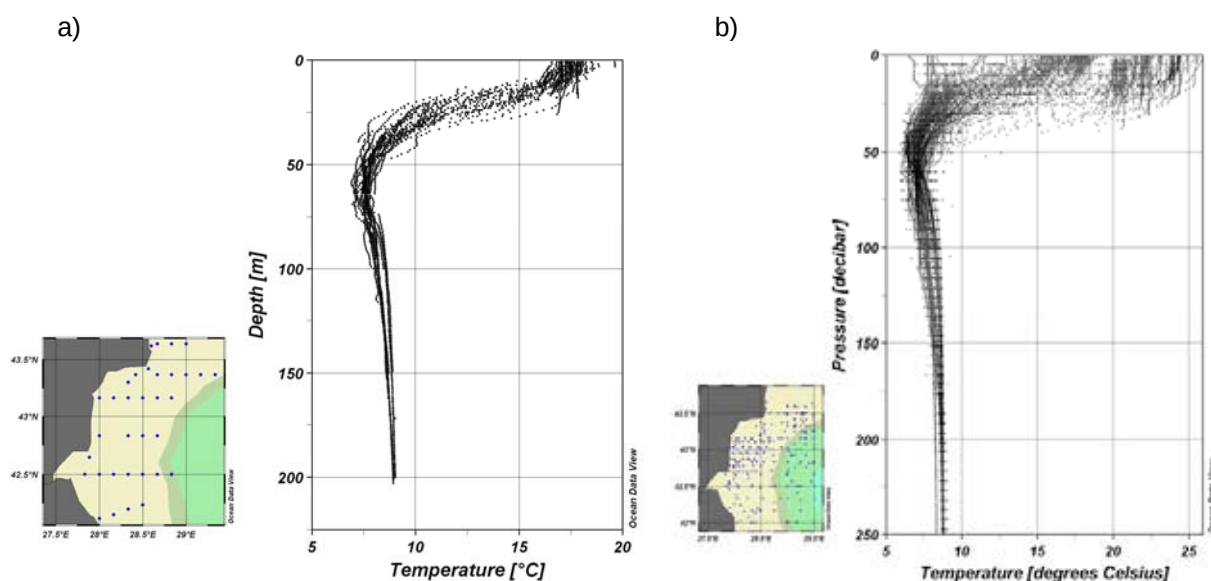


Figure 4. Comparison of CTD dataset with regional climatology: a) quality controlled cruise dataset; b) MEDAR/MEDATLAS excerpt for the Western Black Sea

Fig. 4 corroborates that all specific features of the Black Sea vertical structure are in conformance with the regional climatologic excerpt.

4. Conclusions

A methodic for primary checks and delayed mode scientific quality control is established encompassing various tests and checks that could be successfully applied to other types of sea data such as salinity and density derived by CTD system, bottles or XBTs. Results show that high quality data were collated during the studied period 2002-2006 that can comfortably be included in the database of Bulgarian ODC. Available regional climatology is in good agreement with the data obtained. However, there is need to be further expanded to provide tools for more reliable scientific assessment of the data quality in the Western Black Sea.

References:

1. B l a t o v A., N. B u l g a k o v, V. I v a n o v, 1984. Variability of the Black Sea Hydrophysical fields. Leningrad, Gidrometeoizdat, 238
2. Manual and Guides 26-Manual of quality control procedures for validation of oceanographic data, Prepared by: CEC: DG-XII, MAST and IOC: IODE, SC-93/WS-19 1993. UNESCO
3. M a i l l a r d C., M. F i c h a u t, MEDAR/MEDATLAS Group, MEDAR/MEDATLAS Protocol, Part I : Exchange format and quality checks for observed profiles, 2001.
4. Medatlas Group: Specifications for Mediterranean data banking and regional quality controls, IFREMER, Direction Scientifique, Sismer-Brest, SISMER/IS/94-014, pp. 29, 1994.
5. P a l a z o v A., H. S l a b a k o v H.D., H. S t a n c h e v - Monitoring programme of western Black Sea, Proceedings of the Workshop on "Black Sea Ecosystem in Support of Marine Conventions and Environmental Policies", EUR 22176, European Communities, 2006, pp 40-46.
6. S c h l i t z e r R., Ocean Data View User's Guide, 2006.
7. UNESCO: Guide to operational procedures for the collection and exchange of JCOMM oceanographic data - third revised version, Unesco Manuals and guides 3, pp. 35, 1999.

Session 5

***Space Material Science
and
Nanotechnology***

Chairman: Prof. Stavri Stavrev

Secretary: Res. Fell. Zdravka Karaguiozova

ВЛИЯНИЕ НА МОДИФИЦИРАНАТА ОГНЕВА ОЧИСТКА ВЪРХУ ПОВЪРХНОСТНИТЕ СВОЙСТВА НА ДЕТОНАЦИОНЕН НАНОДИАМАНТ

Димитър Митев¹, Райна Димитрова², Юлиан Караджов¹,
Иванка Иванова¹, Ставри Ставрев¹

¹ Институт за космически изследвания - Българска академия на науките

² ИОХ - Българска академия на науките
e-mail: dpmitev@yahoo.com

Ключови думи: Нанодиамант, почистване, повърхностни свойства, взривен синтез

Резюме: Материалът представя модифициран алтернативен метод за почистване на взривно синтезиран нанодиамант - с използване на термично окисление във въздушна среда, в присъствие на инертен компонент. Характеризирани са повърхностните групи върху нанодиамантените частици - с използване на FTIR-спектроскопия, както и стойностите на pH на новите проби в сравнение с класическия метод за бихроматна очистка употребяван в секция КМН на ИКИ-БАН. Направено е сравнение на свойствата съответстващи на двата метода, както и количествено характеризиране.

Проблем при огневата очистка на нанодиамант от детонационните шихти е трудното контролиране на температурата при горивния процес. Принципно тя не трябва да надвишава стойности от порядъка на 500-600°C във въздушна среда, тъй като това е свързано със съществени загуби на нанодиамант поради изгарянето му.

При "класическият" метод за нискотемпературно горене шихтите се рафинират горивно във въздушна среда, като процесът е самоподдържащ се след инициирането. В горивния слой обаче температурите често надвишават споменатите стойности; известно решение на проблема е ограничаването на въздушния достъп, което пък води до твърде голяма продължителност на горивната очистка.

В качеството на изход от проблема за температурното лимитиране бе решено окислението да се провежда в среда от твърд инертен компонент, който впоследствие да се отстранява с разтваряне. Като такъв перспективен се очерта обикновеният натриев хлорид – нетопящ се при работните температури, евтин, и добре разтворим във вода.

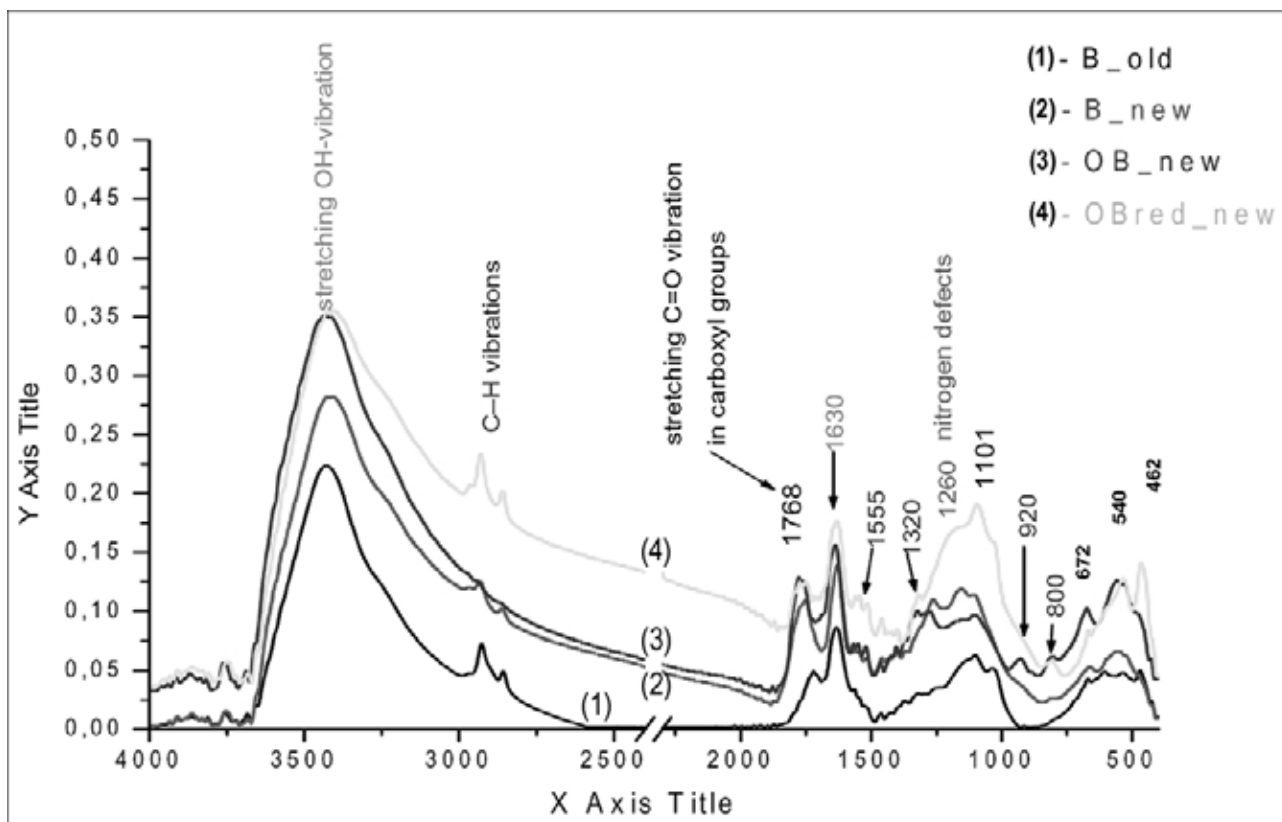
Така че детонационните шихти се подгряхаха своеобразно "разредени" в средата от кристален натриев хлорид, до гореспоменатите температурни граници. Окислението при това не е свързано с прояви на горене; индикатор за хода на процеса и завършването му са съответно масата на реакционния съд, и изсветляването на сместа натриев хлорид/шихта до сив цвят. Следва отстраняване на хлорида чрез разтваряне и промивки, и при необходимост финална рафинация с бихроматно-киселинна смес.

Очистените нанодиамантени проби са изследвани за окисляемост на въглерода и киселинност по методи описани от нас в [2], и им е снет FTIR-спектър, индикиращ повърхностния състав (функционалните групи) на така очистения детонационен диамант. Резултатите са представени на Фиг. 1-2.

Проба	Изходна		Прогрята 400°C
	%, окислям въглерод	pH	%, на окислен въглерод
B _{New}	25	(5,56)	3.28
OB _{New}	20	(6,65)	3.85
OB _{red New}	38	(3,87)	5.74

Обозначения: B_{New} – Бихроматно очистен нанодиамантен прах, синтезиран с нов коничен тип експлозивни заряди; OB_{New} – Бихроматно/огнево очистен нанодиамантен прах, синтезиран с нов коничен тип експлозивни заряди; OB_{red New} – Бихроматно/огнево очистен нанодиамантен прах, синтезиран с цилиндричен тип експлозивни заряди; B_{Old} – Бихроматно очистен нанодиамантен прах, синтезиран с цилиндричен тип експлозивни заряди (виж фиг.2 и [2])

Фиг.1. Окисляемост и киселинност на изследваните прахове



Фиг. 2. FTIR-спектър

Изследваните проби са с добре изразени пикове (с по-висока интензивност и добре видими), характерни за диамантената решетка [1]. Другите наблюдавани пикове са в съответствие с предишните особености на получаваните детонационните диаманти (описани в предишното изследване [2]): -наличие на дефекти (не само sp^3 -състояние на въглерода), т.е. на ненаситени връзки при въглерода, които се компенсират от хетероатоми, като „O” и „N”, и вследствие на това се откриват пикове в ИЧ-спектрите характерни за различни съединения. За образеца OB_{New} може да се каже, че има най-малко повърностен окислям въглерод, т.е. най-малко дефекти. Това се отчита и с неутралното pH. За образеца $OB_{red\ New}$ може да отбележим, че е с най-много налични повърностно активни групи с киселинно отнасяне.

В съгласие с други наши изследвания и някои публикации – [1], все още “неуточнените” относително силни пикове при 1330 cm^{-1} (sp^3 -диамантен пик), и при 1530 cm^{-1} (sp^2 координиран въглерод) в спектъра на всички нанодиамантени проби следва да бъдат свързани с разтеглящите (stretching-) вибрации на C-C връзките в диамантената решетка, породени от взаимодействието с онечиствания или структурни дефекти.

Други пикове кореспондират на връзки между въглерод и хетероатоми. Много автори описват съществуването и свойствата на т.нар. “dangling bonds” (“ненаситени повърностни връзки”) на диамантената повърност. При тях химически ненаситените повърностни въглеродни атоми имат свободни валенции, с които може да реагират с други елементи образувайки повърностни функционални групи. Така например, пиковите на абсорбцията в региона $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$ са характерни за разтеглящите (stretching-) и “ножичните” (bending-) вибрации на CH_x -групите. Тези пикове не се откриват само при проба “ OB_{New} ”.

Други зони на поглъщане се приписват главно на повърностните кислород-съдържащи групи. Досега е описано съществуването на много различни типове C-O връзки на диамантената повърност: а) Абсорбцията в диапазона $1800\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ обичайно се свързва с C=O “разтегляне” от различна природа; б) Що се касае до интензивните абсорбции при 3550 , 3250 и 1630 cm^{-1} , обяснението са вътрешномолекулните и междумолекулните водородни (O-H; O→H) връзки на адсорбираните водни молекули, и тези от OH-групите налични на диамантената повърност.

Част от настоящото изследване е и опит за корелация на показаното ИЧ-изследване с такова от топлинно-обработени (прогряти) проби, с цел да бъде определена топлинната устойчивост на C(O) групите. Оказва се обаче, че при прогряване до 400°C пробите дават масова загуба по-малко от 10%, което прави проблематично изследването на отделените газове (този факт е лесно обясним с положението, че при рафинирането на нанодиаманта технологично той вече е преминал едно

загряване до около 500°C). Така че експериментът показва, че абсорбционните пикове в зоната 1300-1000 cm⁻¹ се дължат на термично-стабилни кислородсъдържащи групи (вероятно съдържащи и N-атоми). Пиковите приписвани на C=O-разтеглянето и на вътрешномолекулните взаимодействия при адсорбираната вода след нагряването се минимизират, и FTIR-спектъра на всички изследвани проби е практически еднакъв, показвайки нанодиамант с еднакви повърхностни свойства..

Заклучение: Модифицирането при огневото рафиниране (очистка) на диамант-съдържащите взривни шихти като резултат в количествено отношение постига добиви на нанодиамант достигащи 60% от стандартния бихроматен метод за рафинация, при това практически без разходи за химикали. Отчитайки предвид "премахването" на рехавата нанодиамантена обвивка при огневото третиране, считаме че сме се доближили до теоретичния максимум за този тип очистване. Методът е с потенциал за реално практическо приложение.

Литература:

1. Dandekar A., R.T.K. Baker, M.A. Vannice. **Carbon** 36 (1998), p. 1821.
2. Mitev D., R. Dimitrova, M. Spassova, Ch. Minchev, S. Stavrev. **Diamond and Related Materials**, Vol. 16, Issues 4-7, April-July 2007, p. 776-780

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SOLIDS AT HIGH PRESSURES AND TEMPERATURES FROM SHOCK-WAVE EXPERIMENTS. THE ZERO TEMPERATURE ISOTHERM

Valentin Gospodinov

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: valentin@pronto.phys.bas.bg

Keywords: cold isotherm, shock Hugoniot, Debye solid.

Abstract. In modeling the equation of state of solids in the cases where the region of interest is several orders of magnitude of pressure and temperature, it is standard to divide the problem into three contributions: the zero temperature (cold) isotherm, the contribution of thermal vibrations of ions, and the conduction electron thermal excitation contribution.

In this paper we consider only the first one. We derive a differential equation for the cold isotherm and solve it in quadratures. It is based on the Mie-Grüneisen equation and uses the shock Hugoniot as a reference curve. The quantum zero vibrations of the crystal lattice are obtained within the frame work of the Debye model. The solution is expressed in terms of the integral exponential function.

I. Introduction

The study of shock-wave propagation in solids has added significantly to our understanding of physical processes which take place at high pressures, high temperatures and very short times. One particular aspect of these studies is to determine the *equations of state* (EOS) for different materials from shock-wave data. Shock-wave experiments, aimed at EOS investigations, render it possible to extend the range of pressure-volume data beyond the region that can be reached with conventional static pressure experiments.

In modeling the equation of state of solids in the cases where the region of interest is several orders of magnitude of pressure and temperature, it is standard to divide the problem into three contributions: the zero temperature (cold) isotherm, the contribution of thermal vibrations of ions, and the conduction electron thermal excitation contribution.

In this paper we consider only the first one. We derive a differential equation for the cold isotherm and solve it in quadratures. It is based on the Mie-Grüneisen equation and uses the shock Hugoniot as a reference curve. The solution is expressed in terms of the integral exponential function. The quantum zero vibrations of the crystal lattice are obtained within the framework of the Debye model.

II. Semi-empirical calculations of the zero temperature isotherm

Analytic semi-empirical expressions for the computation of the cold compression curve have been mainly employed in earlier years to extend experimental EOS data to regimes not accessible to experimentation. The basic ingredient of these representations has been volume-dependent pair potential with terms representing repulsive and attractive atomic interactions. The parameters in these were fitted either to some experimental data or some theory. For the ionic, rare gas and molecular materials, the two-body Lennard-Jones or Born-Mayer forms of the potential energy curve has often been employed. A good example of such an approach is that of Ross [1] for *Ar*, through the use of exponential-six potential with constants reproducing the results of molecular beam experiments. For alkali halides Boyer [2] used exponential pair potential with constants for kinetic, exchange and correlation contributions determined from fits to Hartree-Fock calculations and predicted with good accuracy a host of properties (lattice dynamics, $P-V$ curves, thermal expansion and the overall stability of the lattice as a function of temperature and pressure).

For metallic solids, as no agreed theoretical analytical form for the potential energy has been known, there has been a plethora of expressions. The most popular expression is the second order Birch-Murnaghan equation [3]:

$$(1) \quad P = \frac{3}{2K_{T_0}} \left(\eta^{7/3} - \eta^{5/3} \right) \left[1 + \frac{3}{4} (K'_T - 4) (\eta^{2/3} - 1) \right],$$

where K_{T_0} is the initial bulk modulus, $K'_T = dK_T/dp$ and $\eta = \rho/\rho_0$. The validity of this equation for extrapolation purposes has been examined by Jamieson [4]. Fisher *et al.* [5] have used this equation to fit 0 K isotherms derived from shock data and the K'_T values so derived agree quite with those from ultrasonic data.

In the present work a potential-free method is elaborated to obtain the zero temperature isotherm from shock-wave experiments. It is applicable to materials with all types of chemical bond. The detailed derivation is given in the next section.

III. Calculation of the zero-degree Kelvin isotherm

III. 1. General formulation

A thermodynamically complete EOS is defined by one of the thermodynamic potentials expressed as a function of its characteristic variables. In the case of the Helmholtz free energy we have

$$(2) \quad F = F(V, T).$$

It is clear that F depends on the microscopic structure of the solid under consideration, which would vary as a function of volume and temperature. At different temperatures and densities, the corresponding region of matter will be dominated by different interactions. In view of the above, we may write the free energy as a superposition of terms appropriate to various physical interactions (Grüneisen's assumption [6])

$$(3) \quad F(V, T) = F_c(V) + F_{vib}(V, T) + F_e(V, T).$$

Here F_c is the configurational free energy at 0 K. F_{vib} corresponds to the contribution of the zero and thermal vibrations of the ions of the crystal lattice. F_e is the conduction electrons thermal excitations contribution.

F_e may be neglected in the phonon region and Eq.(3) takes the form

$$(4) \quad F(V, T) = F_c(V) + F_0(V) + F_{IT}(V, T),$$

where F_0 is the quantum zero-degree contribution. It is a function of volume only like the configurational term. F_{IT} is the thermal lattice contribution.

From the relation $F = E - TS$ and the fundamental thermodynamic identity $dE = -PdV + TdS$ it follows that at $T = 0K$

$$(5) \quad F_c = E_c \quad \text{and} \quad P_c = -dF_c/dV = -dE_c/dV.$$

The specific form of the second of Eqs.(5) will be derived from the Mie—Grüneisen equation using the shock Hugoniot as a reference curve. Actually it is a first-order ordinary differential equation (ODE) for E_c (e.g for F_c).

The calculation of Helmholtz free energy components $F_0(V)$ and $F_{IT}(V, T)$ will be performed within the framework of the Debye model for the specific heats.

III. 2. Deriving the zero-degree Kelvin isotherm from shock-wave data

The shock-wave methods for deriving the cold isotherm are based on the measurement of the Hugoniot curve. The quantities directly measured are the kinematic parameters of the shock wave—the shock front velocity u_s and the particle velocity in the compressed region u_p . The relation $u_s(u_p)$ is the shock Hugoniot. Most substances in the absence of phase transitions have a linear shock Hugoniot [7]

$$(6) \quad u_s = c_0 + su_p$$

in a wide range of particle velocities. The Hugoniot intercept, c_0 , and the slope, s , are determined from the data by the method of least squares. If rigidity effects and possible low pressure phase changes are neglected, the intercept should correspond to the velocity of an infinitesimal pressure pulse, or the bulk sound speed,

$c_0 = [(\partial P / \partial \rho)_s]^{1/2}$ (at $P = 0$). Since the slope is linearly related to the pressure derivative of the adiabatic bulk modulus, $(\partial B / \partial P)_s$, a linear u_s -- u_p Hugoniot then reflects a nearly linear dependence of B_s on the pressure.

The transition from kinematic (u_s, u_p) to thermodynamic (P, V, E) variables is done using the laws of conservation of mass, momentum and energy across the shock front [8]

$$(7) \quad \rho_0 u_s = \rho(u_s - u_p),$$

$$(8) \quad P - P_0 = \rho_0 u_s u_p,$$

$$(9) \quad \left[(E - E_0) - \frac{u_p^2}{2} \right] \rho_0 u_s = P_1 u_p.$$

Here E, P and ρ are the specific internal energy, the pressure and the density behind the shock front, and E_0, P_0, ρ_0 are the values of these quantities ahead of the shock front. From Eqs.(7) and (8) we obtain

$$(10) \quad u_s = V_0 [(P - P_0)/(V_0 - V)]^{1/2},$$

$$(11) \quad u_p = [(P - P_0)(V_0 - V)]^{1/2}.$$

Solving Eqs.(10) and (11) for P gives

$$(12) \quad P = P_0 + \frac{1}{V_0} u_s u_p, \quad V = V_0 \left(\frac{u_s - u_p}{u_s} \right).$$

Equations (12) give the relationship between the kinematic variables u_s, u_p and the thermodynamic variables P and V .

Substituting with the right-hand sides of Eqs.(10)-(11) in Eq.(9) gives the Hugoniot equation of energy

$$(13) \quad E - E_0 = (P + P_0)(V_0 - V)/2.$$

that defines all states on the (E - P - V) surface that can be reached from an initial state (E_0, P_0, V_0) by a single shock.

If the linear u_s -- u_p relation holds, the Rankin-Hugoniot equations ((12)) and ((13)) can be used to express pressure and energy as functions of volume along the Hugoniot by the following convenient analytic expressions (with P_0 and E_0 taken to be zero at ambient conditions)

$$(14) \quad P_H = \frac{\rho_0 c_0^2 \varepsilon}{(1 - \varepsilon s)^2},$$

$$(15) \quad E_H = \frac{c_0^2 \varepsilon^2}{2(1 - \varepsilon s)^2},$$

$$(16) \quad \varepsilon = 1 - V/V_0 = 1 - \rho_0/\rho.$$

Equations (14) - (15) and the values of c_0 and s summarize all the experimental thermodynamic information which is available from shock-wave measurements.

To compute the cold compression curve we shall employ the Mie-Grüneisen equation [7] in the form

$$(17) \quad P(V, T) - P(V, 0) = \frac{\gamma(V)}{V} [E(V, T) - E(V, 0)],$$

where $\gamma(V)$ is the Grüneisen parameter. Equations (14), (15) give the pressure P_H and the specific internal energy E_H on the shock Hugoniot. Since it connects equilibrium thermodynamic states we can write

$$(18) \quad P_H(V) - P(V, 0) = \frac{\gamma(V)}{V} [E_H(V) - E(V, 0)]$$

We shall assume that γ is a function only of volume and, specifically, that the product $\rho\gamma$ is constant. Experimental work on a number of materials [9], as well as theoretical considerations [10], indicate this to be an adequate approximation. With this assumption, $\gamma(V)$ is given by

$$(19) \quad \gamma(V)/V = \gamma_0/V_0,$$

where γ_0 is the thermodynamic value at ambient conditions given by $\gamma_0 = 3\alpha c_0^2/C_p$, α is the thermal expansion coefficient, c_0 --- the sound speed, and C_p --- the specific heat at constant pressure.

At $T = 0K$ $F = E$ and from Eqs.(5) it follows

$$(20) \quad P_c(V) = P(V, 0) = -dE_c(V)/dV.$$

If we substitute with Eqs.(14), (15), (20) in the left-hand side of Eq. (18), we obtain a differential equation for the zero Kelvin isotherm of the specific internal energy $E_c(\varepsilon) = E(\varepsilon, 0)$:

$$(21) \quad \frac{dE_c(\varepsilon)}{d\varepsilon} - \gamma_0 E_c(\varepsilon) - \frac{c_0^2 \varepsilon (1 - \gamma_0/2)}{(1 - s\varepsilon)^2} = 0,$$

with the initial condition

$$E_c(\varepsilon = 0) = E_{c0}.$$

This is a first order linear inhomogeneous ordinary differential equation. Its general solution is

$$(22) \quad E_c(\varepsilon) = e^{\gamma_0 \varepsilon} \left[c_0^2 \left(1 - \frac{\gamma_0}{2} \right) \int \frac{\varepsilon e^{-\gamma_0 \varepsilon}}{(1 - s\varepsilon)^2} d\varepsilon + C \right],$$

where C is an arbitrary constant determined from the initial condition. The integral in Eq.(22) could be somewhat simplified by integration by parts:

$$(23) \quad \int \frac{\varepsilon e^{-\gamma_0 \varepsilon}}{(1 - s\varepsilon)^2} d\varepsilon = - \frac{e^{-\gamma_0 \varepsilon} \left[e^{\gamma_0 \varepsilon} (s - \gamma_0)(s\varepsilon - 1) \int \frac{e^{-\gamma_0 \varepsilon}}{s\varepsilon - 1} d\varepsilon - 1 \right]}{s^2 (s\varepsilon - 1)}.$$

Substituting in Eq.(22) we obtain

$$(24) \quad E_c(\varepsilon) = e^{\gamma_0 \varepsilon} \left\{ c_0^2 \left(1 - \frac{\gamma_0}{2} \right) \frac{e^{-\gamma_0 \varepsilon} \left[e^{\gamma_0 \varepsilon} (s - \gamma_0)(s\varepsilon - 1) \int \frac{e^{-\gamma_0 \varepsilon}}{s\varepsilon - 1} d\varepsilon - 1 \right]}{s^2 (s\varepsilon - 1)} + C \right\}.$$

Equation (24) is the general solution to the ODE for $E_c(\varepsilon)$. The integral in it is defined in the domains $0 \leq \varepsilon < 1/s$ and $1/s < \varepsilon < +\infty$. Let us limit our considerations to the first domain. Instead of the indefinite integral we may use a definite integral that is a function of its upper limit. Then the expression for $E_c(\varepsilon)$ becomes

$$(25) \quad E_c(\varepsilon) = e^{\gamma_0 \varepsilon} \left\{ c_0^2 \left(1 - \frac{\gamma_0}{2} \right) \frac{e^{-\gamma_0 \varepsilon} \left[e^{\gamma_0 \varepsilon} (s - \gamma_0)(s\varepsilon - 1) \int_0^\varepsilon \frac{e^{-\gamma_0 x}}{sx - 1} dx - 1 \right]}{s^2 (s\varepsilon - 1)} + E_{c0} \right\}.$$

Let us change the variable in the integral from the last equation. We shall assume $1 - sx = \xi$. Then

$x = \frac{1}{s}(1 - \xi)$, $dx = -\frac{1}{s}d\xi$, $\xi = 1$ when $x = 0$, and $\xi = 1 - s\varepsilon$ when $x = \varepsilon$. Now, we may write the integral in the form

$$\int_0^\varepsilon \frac{e^{-\gamma_0 x}}{sx - 1} dx = -\frac{e^{-\frac{\gamma_0}{s}}}{s} \int_{1-s\varepsilon}^1 \frac{e^{\frac{\gamma_0}{s}\xi}}{\xi} d\xi.$$

The last integral cannot be presented by combinations of elementary functions. It can be expressed, however, in terms of the integral exponential function

$$\text{Ei}(bx) = \int \frac{e^{bx}}{x} dx,$$

that arises in a variety of applications. Substituting with it in Eq.(25) we get

$$(26) \quad E_c(\varepsilon) = c_0^2 \left(1 - \frac{\gamma_0}{2}\right) \frac{\frac{1}{s}(1 - s\varepsilon) \left(1 - \frac{\gamma_0}{s}\right) \left[\text{Ei}\left(\frac{\gamma_0}{s}\right) - \text{Ei}\left(\frac{\gamma_0}{s}(1 - s\varepsilon)\right) \right] e^{-\frac{\gamma_0}{s}(1 - s\varepsilon)}}{s(1 - s\varepsilon)} + E_{c0} e^{\gamma_0 \varepsilon}$$

This is the final form of the configurational internal energy as obtained from shock-wave experiments. At $T = 0$ it coincides with the configurational free energy. Since the contribution of the zero quantum vibrations is small it is often neglected and Eq.(26) is called the zero Kelvin (cold) isotherm. Its derivation was the purpose of the present work.

The zero quantum vibrations and the thermal vibrations of the crystal lattice are derived within the framework of the Debye model in another paper, which is a continuation of this one and will be also presented at this conference.

References:

1. Ross M., J. Chem. Phys. **73** (1980) 4445 -- 49.
2. Boyer L.L. Phys. Rev. Lett. **42** (1972) 584.
3. Birch F., J. Geophys. Res. **57** (1952) 227 -- 286.
4. Jamieson J. C. in: Proc. *IVth* Intern. Conf. on High Pressure, (Kyoto, 1974) p. 11.
5. Fisher E. S., Ibid.
6. Grüneisen E., Handbuch der Physik, vol.10, ed. H. Greiger and K. Scheel, (Berlin: Springer, 1926) p.1.
7. McQueen R.G., S.P. Marsh, J. Taylor, J.N. Fritz and W.J. Carter. in: High Velocity Impact Phenomena, ed. R. Kinslow (New York: Academic, 1970) Ch.7.
8. Zharkov V.N. and V.A. Kalinin. Equations of State for Solids at High Pressures and Temperatures, (New York: Consultants Bureau, 1971) Ch.5.
9. Carter W.J., S.P. Marsh, J.N. Fritz and R.G. McQueen. in: Accurate Characterization of the High-Pressure Environment, ed. E.C. Lloyd NBS Special Publication 326, (1971).
10. Walsh J.M., M.H. Rice, R.G. McQueen and F.L. Yarger. Phys.Rev. **108** (1957) 196.

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SOLIDS AT HIGH PRESSURES AND TEMPERATURES FROM SHOCK-WAVE EXPERIMENTS. THE COMPLETE EQUATION OF STATE

Valentin Gospodinov

Space Research Institute -- BAS
e-mail: valentin@pronto.phys.bas.bg

Keywords: complete equation of state, shock Hugoniot, Debye solid.

Abstract: This paper deals with the analytic derivation of thermodynamic properties of solids from shock-wave experiments in the range of pressures and temperatures, attained by detonation of chemical explosives. First, we derive the complete equation of state (EOS). In principle, all the thermodynamic properties of a system can be predicted once precise knowledge of the complete EOS becomes known. But the single Hugoniot curve determined from shock-wave experiments does not provide enough thermodynamic information to specify an EOS. The assumptions which, along with shock-wave data, are used in this work to determine a complete EOS are the Grüneisen assumption (1), the volume dependence of the Grüneisen parameter (2), and the Debye model for the specific heats (3). Consequently, the thermodynamic functions of the system under consideration are expressed as a superposition of a cold (0 K) term corresponding to the cold compressed state, and a second one, corresponding to the thermal vibrations of atoms in the crystal lattice about their mean positions. The cold isotherm was derived in a previous paper, also presented here. In the present work we focus on the Debye model of a solid and the insertion of pressure dependence of the thermodynamic properties into it using Grüneisen's assumption. The results are combined to obtain a complete EOS for a solid. The thermal and the caloric EOS are also derived.

I. Introduction

I. 1. Context

Equations of state (EOS) of matter, obtained both theoretically and experimentally are of immense current importance in the basic and the applied sciences. In principle, all the thermodynamic properties of a system may be predicted, once precise knowledge of the complete EOS becomes known. Unfortunately, this is very rarely the case. On surveying the literature we find that a plethora of expressions are being used to represent pressure-volume data of solids and liquids. Further, pressure-volume-temperature ($P-V-T$) data for these substances are also represented through the temperature dependence of the parameters involved in representing $P-V$ data. Although some of the equations have only a partial theoretical basis even then such empirical relations are of much value for smoothing, interpolation, and extrapolation of pressure-volume data and also in determining the values of isothermal bulk modulus or isothermal compressibility and their first or higher derivatives with respect to pressure for the solid or liquid concerned.

With the advancement of high pressure physics extensive experimental results on pressure-volume data have been obtained. Shock-wave experiments, aimed at EOS investigations, render it possible to extend the range of pressure-volume data beyond the region that can be reached with conventional static pressure experiments and to use much bigger specimens of the investigated material. All this brings to the forefront the problem of the complete EOS of matter at high pressures and temperatures.

I. 2. Objectives

The range of pressures and temperatures, considered in the present work is the one attained by detonation of chemical explosives in contact with the specimen or by explosively accelerated flyer plate methods. It does not extend beyond $10^4 K$ and $10^2 GPa$ [1]. The behavior of a solid within this range of pressures and temperatures is determined by the thermal lattice vibrations. That is why it is often called *the phonon region*. In addition to being easily accessible experimentally, it covers a wide variety of processes and phenomena of interest to science and technology. Therefore, we shall aim our considerations at the phonon region and seek an EOS valid in it.

A systematic theoretical calculation of an EOS in the phonon region on the basis of quantum mechanics of many-particle systems is very difficult because of the difficulties in incorporating correctly the strong collective interparticle interaction. Therefore, for the description of thermal properties of matter in this

range of thermodynamic parameters, one could apply phenomenological models in which experimental data are used to determine the coefficients in general functional dependencies derived from theoretical considerations. The purpose of the present paper is to derive such an EOS from shock-wave data.

I. 3. Approximations

This work is based mainly on classical thermodynamics. To make the analysis of problems with shock-wave propagation in solids tractable within the framework of thermodynamics we need to make some approximations:

- First, since shock pressures are several hundred times the yield points of the materials involved, rigidity effects are neglected and an ordinary *fluid* type equation of state is assumed to be an adequate representation of the material. This implies that nevertheless the shock wave is usually one-dimensional its action is considered equivalent to that of hydrostatic pressure with the same magnitude.

- Second, thermodynamic equilibrium is assumed for the calculation of states behind the shock front.

- A third, basic for shock physics assumption concerns the form of the relation between shock velocity u_s and the velocity of the material flow behind the shock front --- the particle velocity u_p . The relation $u_s(u_p)$ is the shock Hugoniot in kinematic form and it is assumed to be linear in a range of particle velocities where no phase changes or chemical reactions occur [2,3]. It has the form

$$(1) \quad u_s = c_0 + su_p$$

The intercept corresponds to the velocity of an infinitesimal pressure pulse, or the bulk sound speed, $c_0 = [(\partial P / \partial \rho)_s]^{1/2}$ at $P = 0$. Since the slope is linearly related to the pressure derivative of the adiabatic bulk modulus, $(\partial B_s / \partial P)_s$, a linear $u_s - u_p$ Hugoniot then reflects a nearly linear dependence of B_s on pressure.

We shall also employ:

- the Debye model for the specific heats [4]
- the Mie-Grüneisen equation which connects two points lying on an equilibrium thermodynamic surface described by an equation of state [3]
- Grüneisen's hypothesis that the thermodynamic functions of a solid may be expressed as a superposition of terms appropriate to various physical interactions [5]:

$$(2) \quad F = F_c(V) + F_{vib}(V, T), P = P_c(V) + P_{vib}(V, T), E = E_c(V) + E_{vib}(V, T),$$

where we have restricted our considerations to the contribution of the cold components and the lattice vibrations [6,7].

Using the definition of the Grüneisen parameter $\gamma \equiv V(\partial P / \partial E)_V$ we assume that the parameter-to-volume ratio is constant and temperature independent: $\gamma/V = \gamma_0/V_0 = \text{const.}$ Experimental work on a number of materials, as well as theoretical considerations, indicate this to be an adequate approximation [8,9]. The specific heat at constant volume C_v which also appears in the model is taken constant. This holds for most of the solids above the Debye temperature.

The approximations, stated above, are universally accepted and widely used in solid state physics and in shock physics. No *ad hoc* assumptions are made in this paper.

Therefore the objective of the work presented herein is to obtain a complete EOS for solids from shock-wave data using the Debye -- Mie-Grüneisen model and the shock Hugoniot as a reference curve, and to establish the thermodynamic properties of a system with such an EOS.

II. General formulation

A thermodynamically complete EOS is defined by one of the thermodynamic potentials expressed as a function of its characteristic variables. In the case of the Helmholtz free energy F we have

$$(3) \quad F = F(V, T).$$

It is clear that F depends on the microscopic structure of the solid under consideration, which would vary as a function of volume and temperature. At different temperatures and densities, the corresponding region of matter will be dominated by different interactions. In view of the above, we may write the free energy as a superposition of terms appropriate to various physical interactions (Grüneisen's assumption [5])

$$(4) \quad F(V, T) = F_c(V) + F_{vib}(V, T) + F_e(V, T).$$

Here F_c is the configurational free energy at 0 K. F_{vib} corresponds to the contribution of the zero and thermal vibrations of the ions of the crystal lattice. F_e is the conduction electrons thermal excitations contribution. It manifests itself at temperatures $\geq 10^4$ K and pressures $\geq 10^2$ GPa [1]. At lower temperatures and pressures it may be neglected and Eq.(4) takes the form

$$(5) \quad F(V, T) = F_c(V) + F_0(V) + F_{IT}(V, T),$$

where F_0 is the quantum zero-degree contribution. It is a function of volume only like the configurational term. F_{IT} is the thermal lattice contribution.

From the relation $F = E - TS$ and the fundamental thermodynamic identity $dE = -PdV + TdS$ it follows that at $T = 0K$

$$(6) \quad F_c = E_c \quad \text{and} \quad P_c = -dF_c/dV = -dE_c/dV.$$

The specific form of the second of Eqs.(6) is derived from the Mie--Grüneisen equation using the shock Hugoniot as a reference curve in a paper which is also presented at this conference.

The calculation of Helmholtz free energy components $F_0(V)$ and $F_{IT}(V, T)$ will be performed within the framework of the Debye model for the specific heats.

III. Contribution of the quantum zero Kelvin and lattice thermal vibrations to the EOS

In accordance with the quasiharmonic approximation the vibrational energy levels of a crystal lattice with N atoms may be treated as the energy levels of a system of $3N$ independent linear harmonic oscillators. For the logarithm of the partition function of such a system we can write

$$(7) \quad \ln Z = \sum_{i=1}^{3N} \ln z_i = \sum_{i=1}^{3N} \ln \frac{\exp(-h\nu_i/2kT)}{1 - \exp(-h\nu_i/kT)},$$

where z_i is the partition function of the i -th oscillator.

In the Debye model [4] the crystal lattice is replaced by an isotropic elastic medium with a continuous dispersion law function. Further it is assumed that the magnitude of frequency in such a system does not exceed a certain boundary value, the Debye frequency ν_D , chosen so that the number of the independent lattice oscillations is equal to the total number $3N$ of the lattice degrees of freedom. It follows from this approximation that we can replace the summation in Eq.(7) by integration. Let us omit the index i of the oscillations. Then

$$\ln \frac{\exp(-h\nu/2kT)}{1 - \exp(-h\nu/kT)}$$

is $\ln z$ for all oscillators in the frequency range between ν and $\nu + d\nu$. The number of these oscillators is equal to $g(\nu)d\nu$, where

$$(8) \quad g(\nu) = 9N\nu^2/\nu_D^3$$

is the density of distribution of oscillators among frequencies [4]. We introduce the Debye temperature $\theta_D = h\nu_D/k$, which depends on volume and is specific for each substance, and the new integration variable $x = h\nu/kT$. Then Eq.(7) takes the form

$$(9) \quad \ln Z = -\frac{9}{8}N(\theta_D/T) - 9N \frac{1}{(\theta_D/T)^3} \int_0^{\theta_D/T} x^2 \ln[1 - \exp(-x)] dx.$$

Integration by parts of Eq.(9) gives

$$\ln Z = -\frac{9}{8}N(\theta_D/T) - 3N \ln[1 - \exp(-\theta_D/T)] + 3N \frac{1}{(\theta_D/T)^3} \int_0^{\theta_D/T} \frac{x^3 dx}{e^x - 1}.$$

The last equation can be written in a more compact form if we introduce the function

$$D(z) = \frac{3}{z^3} \int_0^z \frac{x^3 dx}{e^x - 1},$$

which is known as the Debye function and $z = \theta_D/T$. Then the logarithm of the partition function takes the form

$$(10) \quad \ln Z = -\frac{9}{8} N(\theta_D/T) - 3N \ln[1 - \exp(-\theta_D/T)] + ND(\theta_D/T).$$

From Eq.(10) and the thermodynamic identities

$$F = -kT \ln Z, \quad E = F - T(\partial F/\partial T)_V,$$

$$P = -(\partial F/\partial V)_T, \quad C_V = (\partial E/\partial T)_V$$

we can derive expressions for the specific free and internal energy, the pressure and the specific heat:

$$F_{vib}(T, V) = \frac{9}{8} Nk\theta_D + NkT \{3 \ln[1 - \exp(-\theta_D/T)] - D(\theta_D/T)\},$$

$$E_{vib}(T, V) = \frac{9}{8} Nk\theta_D + 3NkTD(\theta_D/T),$$

$$C_V = 3Nk[D(\theta_D/T) - (\theta_D/T)D'(\theta_D/T)],$$

where $(9/8) Nk\theta_D$ is the contribution of the *quantum zero oscillations* in terms of the Debye model, and D' is the derivative of D with respect to θ_D/T .

In order to derive P_{vib} it is necessary to compute the volume derivative of $\ln Z$. The partition function does not depend explicitly on volume but through the dependence of the energy levels on it. It is not possible to obtain this relation from first principles. This imposes the use of various approximations. In the case of a solid the volume dependence of the energy levels is reduced to volume dependence of the lattice frequencies. This relation cannot be obtained from first principles as well. According to Grüneisen

$$(11) \quad d \ln \nu_j / d \ln V = -\gamma \quad (j = 1, 2, \dots, 3N),$$

where ν_j (ν) are lattice frequencies, and γ is a positive quantity, one and the same for all the $3N$ normal modes of the crystal lattice. It is assumed that these frequencies, and hence, γ , do not depend on temperature, but on volume only. This is sometimes referred to as the *quasi-harmonic approximation*.

Equation (11) is the statistical definition of the Grüneisen parameter. It holds for any frequency, hence it may be written for the Debye frequency ν_D

$$d \ln \nu_D / d \ln V = -\gamma$$

and since ν_D and θ_D are proportional, it follows

$$d \ln \theta_D / d \ln V = -\gamma \quad \text{or} \quad d \ln \theta_D / dV = -\gamma/V.$$

Accordingly, we obtain for P_{vib}

$$P_{vib} = \frac{9}{8} [\gamma(V)/V] Nk\theta_D + 3[\gamma(V)/V] NkTD(\theta_D/T)$$

or

$$P_{vib} = [\gamma(V)/V] E_{vib},$$

which in terms of the assumed approximation $\gamma/V = \gamma_0/V_0 = \text{const.}$ takes the form

$$P_{vib} = (\gamma_0/V_0) E_{vib}.$$

Now, using Eq. (5) and its dependencies we can assemble the complete equation of state. It has the form

$$\begin{aligned}
(12) \quad F(\varepsilon, T) &= c_0^2 \left(1 - \frac{\gamma_0}{2}\right) \frac{\frac{1}{s}(1-s\varepsilon) \left(1 - \frac{\gamma_0}{s}\right) \left[\text{Ei}\left(\frac{\gamma_0}{s}\right) - \text{Ei}\left(\frac{\gamma_0}{s}(1-s\varepsilon)\right) \right] e^{-\frac{\gamma_0}{s}(1-s\varepsilon)}}{s(1-s\varepsilon)} \\
&+ \frac{9}{8} Nk\theta_D + NkT \{3\ln[1 - \exp(-\theta_D/T)] - D(\theta_D/T)\} \\
&+ E_{c0} e^{\gamma_0 \varepsilon}.
\end{aligned}$$

For the internal energy we can write

$$\begin{aligned}
E(\varepsilon, T) &= c_0^2 \left(1 - \frac{\gamma_0}{2}\right) \frac{\frac{1}{s}(1-s\varepsilon) \left(1 - \frac{\gamma_0}{s}\right) \left[\text{Ei}\left(\frac{\gamma_0}{s}\right) - \text{Ei}\left(\frac{\gamma_0}{s}(1-s\varepsilon)\right) \right] e^{-\frac{\gamma_0}{s}(1-s\varepsilon)}}{s(1-s\varepsilon)} \\
&+ \frac{9}{8} Nk\theta_D + 3NkTD(\theta_D/T) \\
&+ E_{c0} e^{\gamma_0 \varepsilon}.
\end{aligned}$$

This equation is often called the caloric EOS.

Once we know Eq.(12) we can derive all the thermodynamic properties of the system under consideration.

References:

1. Godwal B.K., Sikka S.K., and Chidambaram R. Phys. Rev. B 20, 2362, (1979).
2. Zharkov V.N. and Kalinin V.A. Equations of State for Solids at High Pressures and Temperatures, (New York: Consultants Bureau, 1971) Ch.5.
3. McQueen R.G., S.P. Marsh, Taylor J., Fritz J.N. and Carter W.J. High Velocity Impact Phenomena, ed. R. Kinslow (New York: Academic, 1970) Ch.7.
4. Morse Ph. Teplofizika. M., Nauka, 1968, Ch.20 (in Russian).
5. Grüneisen E., in: Handbuch der Physik, ed. H.Greiger and K.Scheel. Springer, Berlin, 1926, vol.10, p.1.
6. Gospodinov V.V. LANL e-print archive, 1999, cond-mat/9911407.
7. Gospodinov V.V., Balk. Phys. Lett., 10, (2002), pp. 12-17.
8. Carter W.J., S.P. Marsh, J.N. Fritz, and R.G. McQueen, in: Accurate Characterization of the High-Pressure Environment, ed. E.C.Lloyd. NBS Special Publication 326, 1971.
9. Walsh J.M., M.H. Rice, R.G. McQueen and F.L. Yarger. Phys. Rev., 108 (1957) pp.196--216.

ВЛИЯНИЕ НА КОСМИЧЕСКАТА СРЕДА ВЪРХУ СВОЙСТВАТА НА МАТЕРИАЛИТЕ

Юлика Симеонова, Меди Аструкова, Тинка Грозданова, Людмила Динкова

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: JSimeonova@space.bas.bg

INFLUENCE OF SPACE ENVIRONMENT ON MATERIALS PROPERTIES

Yulika Simeonova, Medi Astroukova, Tinka Grozdanova, Lyudmila Dinkova

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: JSimeonova@space.bas.bg

Ключови думи: космически материали, вакуум, температурни въздействия, радиация

Резюме: Космическата среда се характеризира с комплексното въздействие на редица фактори: вакуум, радиация, температурно влияние с цикличен характер, микрогравитация и други. Триещите се възли (лагери, шарнири, направляващи, уплътнители, скенери) и др. елементи на космическата техника работят в екстремни условия. Например, фрикционните възли на силовите системи, независимо от топлинната си защита, се нагряват до 500-1000°C, а други елементи работят при ниски температури, достигащи -200°C. В условията на космическия вакуум и радиация междупланетният прах полепва върху повърхността на материалите и влошава техните оптични, топлинни, емисионни и фрикционни свойства.

Успехите, постигнати в изследването и усвояването на Космоса, са свързани и с решаването на редица проблеми при избора и използването на материалите (метали, сплави, композити и други) в космическата и ракетната техника, свързани с въздействието на ниски или високи температури, радиация (интензивни потоци електрони, йони, неутрони), вакуум, микрогравитация и други. В резултат настъпват промени или повреждане (damage). Те са свързани със структурни изменения на макро и микро ниво, с промяна на физическите и механичните им параметри, като еластичност, якост, чупливост и други, които са съществени за надеждността и срока на експлоатация в Космоса [1, 4].

Влияние на циклично изменящите се температури

Процесите, протичащи в космическата среда при силно нагряване или охлаждане на материалите са извънредно сложни, зависят от множество фактори, действащи едновременно.

Опитът показва, че при силното охлаждане твърдостта и крехкостта нарастват. В металите възникват квантови ефекти, променящи значително физикомеханичните им свойства, които са пряко свързани със структурата. Съществен проблем в космическата техника е използването на смазочни материали в широкия температурен обхват от -200 до + 500°C.

За космически цели широко се използват титановите сплави, притежаващи високи якостни свойства при **ниските температури**. Интерес представляват още никеловите и мангановите сплави, както и медните (медта при охлаждане не намалява своята пластичност, а при някои от нейните сплави тя дори нараства). Характерно е и това, че при избора на материалите строго се спазва изискването при минимална маса да се постига необходимата якост, като се отчита, че тя при двусно натоварване е по-голяма и якостните свойства нарастват при понижаване на температурата [2].

Като основни конструкционни материали в космическата и ракетната техника се използват и сплавите на Al, неръждаемата стомана, композитните материали. М. Кларен и К. Форман доказват, че **алуминиевата сплав „2219-T81”**, като материал за експлоатация при ниски температури притежава забележителни свойства. При нея с намаляване на температурата до 20K пределът на якост и провлачане и коефициентът на еластичност при натоварване монотонно нарастват [3]. Наблюдава се

и значително ограничаване на пукнатините по повърхността, както и слабото изменение на деформацията по отношение на якостта в температурния интервал до 20K. Това обуславя константното съотношение между максималните стойности на параметрите якост и провлаченост.

Същите автори [2,3] провеждат експерименти и със студеновалцованата „стомана 310”, където в интервала от стайна температура до 20K пределът на якост при различно натоварване нараства. По същия начин стоманата се държи и по отношение на параметрите провлачане и еластичност. Максималните значения на якостта и провлачането се наблюдават при температурите 293 и 197K. Болшинството неръждаеми стомани имат много малка линейна част в диаграмата на деформация.

Титановите сплави, като „Ti-5Al-2,5Sn”, са едни от най-добрите сред редица материали [3]. Те широко се прилагат при ниски температури. При тях якостта и еластичността при различно натоварване нарастват с понижаване на температурата.

Интересни резултати притежават **слоистите композитни материали**, като съдържащите бор-алуминий [3]. Благодарение на ниското съотношение между топлопроводимост и модула на еластичност тяхното използване води до намаляване на загубите при охлаждане в условията на температурен градиент. Тези композитни материали са едни от най-разработените за целите на космическата и ракетна техника [3]. Те притежават висока специфична якост и електропроводимост в съчетание и с конструктивна устойчивост. Факторът, който ги ограничава е значителната им топлопроводимост. Слоистите композитни материали са перспективни при ниските температури и затова, че ограничават и задържат развитието на повърхностните пукнатини.

При **силното нагряване** якостните свойства на материалите също се променят, активизират се адсорбционните и дифузионните процеси, променящи параметрите на повърхностните им слоеве. Така например, при нагряване коефициентът на триене при някои от тях намалява. При триенето на графит по различни метали коефициентът на триене монотонно намалява до 1000°C. Това се наблюдава и при някои бориди и карбиди. Но при Fe, Ni, Ta силата на триене рязко нараства. При MoS₂, PbO, графит, Fe и други са характерни резките изменения на коефициента на триене при определени критични температури, свързани със значителните структурни изменения [7].

При нагряване на материалите със слоиста структура Ван-дер Ваалсовите връзки значително отслабват. Това подпомага самоориентирането на структурните блокове в триещите се слоеве и стимулира самосмазващото действие, добре изразено при графита, борния нитрид и др. [8, 9, 10].

При високите температури смазочните свойства на материалите зависят от размякването, от структурните изменения и дифузията, които увеличават адхезията. Явленията са сложни и не еднозначни, затова високотемпературните смазки се създават предимно по експериментален път.

Силното нагряване променя формата и размерите на телата в различна степен в зависимост от свойствата на материалите. Това предизвиква изменения в конструкциите, в контактните междини и деформации, водещи до заклинване в трибосистемите и до блокиране на движението в механизмите.

Влияние на радиацията

За космическата среда са характерни електромагнитното излъчване с много широк спектър, потоците частици с голям енергиен диапазон и йонизиранияте газове с повишена химическа активност. Материалите, работещи в Космоса, изпитват тяхното комплексно въздействие.

Нивото на радиационното влияние върху металите и сплавите основно зависи от тяхната структура, от типа и енергията на бомбардиращите частици, интензивността на потока, продължителността на облъчването и др. Под процес на радиационно влияние / повреждане / се разбира цялата съвкупност от физически явления произтичащи в материалите от момента на попадане на бомбардиращите частици до измененията в структурата [4]. В общия случай бомбардиращите частици са бързи електрони, йони, неутрони, γ - кванти и др. и попадайки в кристалната решетка на метала встъпват в еластични и нееластични взаимодействия с атомните ядра и предизвикват първично избити атоми и стъпаловидни изменения в кристалната решетка както и образуване на нови химични елементи респ. изменения в свойствата на материала [5]. Авторите групират радиационното влияние /повреждане/ на материалите както следва:

- радиационна високотемпературна и нискотемпературна трошливост и крехкост;
- физически и химически разпращавания;
- измененията по якост и пластичност;
- изменения на електропроводимостта;
- изменение в обема, известно като радиационно набъбване и др.

За намаляване ефекта на разпрашаване и увеличаване якостта и пластичността, автори [5,6] предлагат експериментално потвърдената радиационно издръжлива сплав марка 03X20H45M4BPЦ и стомана марка 1X18NiOT, а за отслабване на радиационното набъбване положителни са резултатите, докладвани при използване на хром-никелови сплави като ЧС-42П и ЧС-43П с 45% никел.

Облъчването стимулира химическата, адсорбционната и каталитичната активност на повърхностите. Експериментите показват, че при сухо триене на две облъчвани стоманени повърхности износването намалява до 1,5 пъти. При различни покрития облъчването с бързи електрони води до повишаване на износоустойчивостта до 4 - 6 пъти. Бомбардировката с електрони при металите предизвиква електронна емисия, топлинно и рентгеново лъчение, различни структурни дефекти. Дефектите са най-големи при облъчването с неутрони, при което промените в твърдостта, якостта, относителното удължаване на материалите са значителни. Експерименти показват влошаване на антифрикционните свойства на материалите при дози на облъчване около 10^{18} неутр./см², но и подобряване при по-високи дози.

Йонизиращите лъчения предизвикват химически превръщания, изменения в структурата и във физикохимичните свойства. При полимерите, използвани за уплътнители в херметизиращите системи, особено агресивно е действието на ултравиолетовото лъчение, предизвикващо образуване на мрежи от пукнатини по повърхността.

Влияние на вакуума

Вакуумът в космически условия е силно разрежена среда с концентрация на газовите частици, изменяща се в много широки граници : от $2,7 \cdot 10^{-19}$ см⁻³ (при земната повърхност) до единица [9] и по-малко в междוזвездното пространство. На практика тази среда е лишена от кислород и водни пари. Космическата техника обикновено функционира във вакуум, определян със стойностите $10^{-3} - 10^{-12}$ Ра.

Тук редица физикомеханични и физикохимични процеси протичат нетрадиционно. Така например, триенето, износването и смазването значително се отличават от аналогичните в земни условия. В процеса на триене контактуващите повърхности се изчистват от окисните слоеве, а отсъствието на кислорода затруднява тяхното възстановяване. Това променя характера на физическия контакт, води до силно нарастване на силата на адхезия, до интензивно износване и образуване на центрове на зацепване и студена заварка в контакта. Триенето във вакуум протича при по-висока температура, тъй като при него отсъства традиционното смазване.

Процесите при триенето във вакуум зависят много чувствително от структурата на материалите [5]. При сплавите триенето има своите специфични особености в сравнение с чистите метали. При въглеродните стомани адхезията във вакуум е 1,5 – 2 пъти по-голяма от тази при триенето във въздух. Тук характерът на износването много силно зависи от състава и концентрацията на легиращите елементи.

Особеностите при работата на триещите се механизми в Космоса поставят остро нуждата от създаване и използване на нови материали и покрития с подобрени антифрикционни свойства. Ниският коефициент на триене тук означава стабилна експлоатация и икономия на енергия, която при работа на космическа орбита е силно ограничена. Високата износоустойчивост на материалите означава продължителна и надеждна работа, което е основно изискване при космическата техника.

Протичащите в космическата среда процеси са сложни, зависят от множество фактори, едновременно действащи. В симулирани земни условия тяхното комплексно възпроизвеждане на практика е невъзможно. По тази причина само експериментите в космически условия могат да дадат достоверна информация за промените, настъпващи в материалите след продължителен престой и работа в тези специфични условия. Това обуславя и нашия интерес към възможността за провеждане на подобни експерименти (Проект SURE AO-2006 на Европейската Космическа Агенция).

Литература

1. Механические свойства конструкционных материалов при низких температурах, сб. науч. трудов под ред. Фридляндера И.М., Металургия, 1983.
2. М а к К л а р е н С. В., К о р м а н. Свойства материалов для авиокосмической техники при низких температурах в условиях двусосного растяжения, доклад от сб. науч. трудов под ред. Фридляндера И.М., Металургия, 1983, стр.59.
3. К е й с е н М.Б. Композиционные материалы для конструкций, работающих при низких температурах, докл. от сб. науч. трудов под ред. Фридляндера И.М. Металургия, 1983, стр.70.
4. И б р а г и м о в Ш. Ш., В. В. К и р с а н о в. Радиационные повреждения металлов и сплавов, Энергоатомиздат, Москва, 1985.

5. П а р ш и н А. М. Радиационная повреждаемость конструкционных материалов и пути ее ослабления, УДК 669.018.86, Общество "Знания", Ленинград, 1985.
6. П л е с к а ч е в с к и й Ю. М. и авт. Введение в радиационное материаловедение полимерных композитов, Минск "Навука" і Тэхніка", 1991.
7. К а н а р ч у к В. Е. Адаптация материалов к динамическим воздействиям, К., Наукова думка, 1986.
8. С и л и н А., Трение и его роль в развитии науки, М., Наука, 1983.
9. С и л и н А., Трение и износ, т. 1, № 1, 1980.
10. Б о д у е н Ф. П., Д. Трейбор, Трение и смазка твердых тел, пер. с англ., М., Машиностроение, 1986.
11. Н у с и н о в М. Д., Воздействие и моделирование космического вакуума, М., Машиностроение, 1982.

АВТОМАТИЗИРАНА ОБРАБОТКА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ТРИБОЛОГИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ ЧРЕЗ ПРОГРАМЕН ПРОДУКТ

Людмила Динкова¹, Иван Иванов², Юлика Симеонова¹, Меди Аструкова¹, Тинка Грозданова¹

¹Институт за космически изследвания - Българска академия на науките

²Технически университет - София
e-mail: lusivd@abv.bg

AUTOMATED PROCESSING OF THE EXPERIMENTAL RESULTS FROM TRIBOLOGICAL RESEARCH USING A SOFTWARE PACKAGE

Lyudmila Dinkova¹, Ivan Ivanov²; Yulika Simeonova¹, Medi Astroukova¹, Tinka Grozdanova¹

¹Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

²TU – Sofia
e-mail: lusivd@abv.bg

Ключови думи: контактна потенциална разлика, трибология, трибодвойки

Резюме: Представен е нов метод за автоматизирана обработка на измерената по експериментален път контактна потенциална разлика при антифрикционни материали чрез програмен продукт на езика Java. Резултатите за някои от изследваните материали са показани в графичен вид. Използваният метод дава възможност за по-добро онагледяване на получените резултати, както и по-висока точност и бързодействие на обработката.

Процесите, протичащи в контакта на взаимодействащите материали, приложими в космическа среда и вакуум, са сложни. Тяхното изучаване зависи от решаването на редица проблеми, свързани с природата на триенето и износването. Такъв проблем възниква и при избора на материали за съставяне на триещи се двойки в задвижващите механизми на сонди, слънчеви батерии, антени и други космически устройства. Голямо влияние в случая има състоянието и поведението на повърхностите на използваните материали, най-вече при триенето във висок вакуум[1]. Всички структурни промени, както и износването на повърхностите се влияят силно от контактната потенциална разлика между взаимодействащите материали. При използването им в космически условия е необходимо предварително да се прогнозира тяхната надеждност, дълготрайност и износоустойчивост. Съществен фактор при прогнозирането на тези параметри се явява отделителната работа на електрона, от своя страна определяща енергетичното състояние на триещите се повърхности [2].

Обект на изследване са различни сложни по състав триботехнически материали на метална основа. Крайната цел е получаване на голям масив експериментални данни за контактната потенциална разлика.

Използваната методика за измерване на контактната потенциална разлика е на базата на класическия метод на вибриращия кондензатор. Тя е автоматизирана и нейната архитектура е показана на блоковата схема на фиг.1. В нея са включени следните елементи: външен генератор на променлива механична сила ($F\sim$), електро-механична колебателна система (ЕМКС), електронно-измервателна схема (ЕИС), осцилоскоп, аналого-цифров преобразувател (АЦП) и персонален компютър (PC).



Фиг.1. Блокова схема на автоматизираната система.

Исходният сигнал от фазовия демодулатор в електронно-измервателната схема дава информация за стойността на контактната потенциална разлика - $U_{\text{КПР}}$, която е специфична за всеки изследван материал. По-подробно описание на действието на електронно-измервателната схема (ЕИС) е дадено в [3 и 4].

Създаден е нов продукт с програмния език Java и Open Source-библиотеката за създаване на графики <http://www.jfree.org/jfreechart/>[5], чрез който бързо и прецизно се обработват съхранените масиви от данни, получени от експеримента. Продуктът е с опростен интерфейс, което спомага за лесното му приложение и използване от потребителя. Първоначално в процеса на измерване се записват множества от цифрови реализации. Всяко измерване представлява една реализация с 256 дискретни стойности на контактната потенциална разлика за зададения времеви интервал, което се повтаря най-малко 10 пъти при всеки изследван образец за постигане на нужната достоверност на данните при цифровата обработка.

Самата обработка на данни чрез програмния продукт се извършва в следната последователност:

Стартиране на програмата, намиране и отваряне на файла с необходимите експериментални данни. Следва автоматизирано мащабиране на измерените стойности, изключване на екстремните значения от спектъра и филтриране на неустойчивите значения. С увеличаване броя на итерациите на обработката, точността на измерване нараства и това се постига чрез отстраняване на по-голям брой дискретни шумови значения. Следващ момент е осредняването на дискретните стойности на контактната потенциална разлика и тяхното графично представяне. Накрая се осредняват всички получени средни стойности, което дава възможност да се пресметне отделителната работа на електрона. По този начин грешката при измерването не превишава 5%. Цялостното извеждане на крайните резултати отнема много малко време, процеса е бърз и добре онагледен.

На фигурите 2, 3 и 4 са представени част от интерфейса на програмата и графичните реализации от експеримента. Това са дискретните стойности на контактната потенциална разлика при различни номера на избрания дискретен времеви интервал, получени при композитните материали на медна основа ИПМ-304 и ИПМ-305, а също и за материала ИПМ-301[6, 7], за който до сега не са публикувани подобни резултати. Получените средни стойности на КПР се използват за оценка на отделителната работа на електрона на изследваната повърхност, представляваща необходим параметър за прогнозата на износоустойчивостта на материалите при сухо триене на въздух и особено във висок вакуум.

Опитът показва, че автоматизирането на процеса на измерване на КПР позволява провеждане на експерименти с различни материали и при различни условия на триене. То дава възможност за количествено сравнение на опитните резултати за постигане на висока точност на измерване, тъй като могат да бъдат записвани голям брой реализации за получаване на висока статистическа достоверност. Само чрез съставяне на голяма по обем статистика от опитни резултати може да се даде отговор на спорните въпроси в литературата за връзката между параметрите износване и отделителна работа на електрона [8], като една възможност за прогнозиране състоянието на триещата се повърхност, а от там за поведението на взаимодействащите материали в трибоkontakta. То е особено необходимо при сложните по състав и структура триботехнически материали, за които в литературата липсват данни.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4

Използваната методика, разработената на тази основа автоматизирана система и програмния продукт дават възможност за пряко измерване на контактната потенциална разлика и позволяват прогнозиране на изнosoустойчивостта на изследваните сложни материали. Те са усъвършенстван вариант на методиката за изследване, представена в материалите на миналата конференция SENS 2006.

Измерването на КГР се извършва с висока точност от порядъка на $0,005 \text{ V/mm}^2$. Това позволява провеждане на анализ на много малки по размери повърхности, като например следата от износване на материала и при сложни конфигурации.

Автоматизирането на изчислителния процес позволява бързо и прецизно да се обработват големи масиви от експериментални данни, да се онагледяват и по този начин да се създават бази от данни за различни метали и многокомпонентни сплави, използвани в космическата техника и особено в условията на висок вакуум.

Литература

1. Симеонова Ю., М. Аструкова, Т. Грозданова, Л. Динкова. Характерни особености на трибологичните процеси във висок вакуум, Научно-технологична сесия с международно участие "КОНТАКТ-97", София, 29-30 окт., Сборник статии, 1997, 144-149, 1997г.
2. Шпенков Г., Физико – химия трения, Минск, БГУ, 1978.
3. Аструкова М. Върху контактната потенциална разлика и методите за нейното измерване за целите на космическата трибология, Аерокосмич. изследвания в България, кн.16, 2001, 54-60.
4. Аструкова М., Т. Грозданова, Ю. Симеонова, Г. Мардиросян, Р. Недков, Г. Чолаков. Устройство за определяне енергетичното състояние на триещата се повърхност, ПАТЕНТ за изобретение № 63852/03.04.2003 г.
<http://www.jfree.org/jfreechart/>
5. Simionova Yu., G. Sotirov. Study of the parameters of new antifrictional materials under dry friction vacuum conditions, BAS, ARCS-Austria, ARC-W- 0136, July 2002, pp. 1-30.
6. Simionova Yu., G. Sotirov. Peculiarity of the friction surface of composite materials under dry friction vacuum conditions, Int. Conf. TRIBOLOGY: Science and Applications, 2003, Vienna, Austria, Session "Tribology in Vacuum", 35.
7. Гаркунов Г. П. и др. Способ определения антифрикционных свойств материалов, Авт. св-во № 179975 – Бюл. изобретения № 6, 1966.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧНИ СВОЙСТВА НА КОМПОЗИЦИОННО НИКЕЛОВО ПОКРИТИЕ

Здравка Карагьозова¹, Людмил Марков¹, Анна Петрова¹, Жулиета Калейчева²,
Петър Шумналиев², Ставри Ставрев¹

¹Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

²ТУ, София

e-mail: sstavrev@phys.bas.bg

Ключови думи: Композиционни диамантени покрития, УДДП (нанодиамант), X-Gear.

Резюме: Във връзка с изследвания по проекта "X-Gear" по VI РП в секция "КМ и НТ" при ИКИ-БАН са проведени изследвания за нанасяне на композиционно никелово покритие (КП), отложено по химически начин с УДДП (нанодиамант).

Основните съставляващи на покритието са никелова матрица и подсилващ, уякчаващ материал - УДДП. Матрицата обгражда и поддържа подсилващия материал, осигурявайки свързването му. С използването на диамантени наночастици като подсилващи елементи, са свързани надеждите за реализиране на много добри физико-механични и експлоатационни характеристики, присъщи за нанокристалното състояние като повишена изнosoустойчивост и микротвърдост; увеличение на корозионната устойчивост и намаляване на пористостта; рязко намаляване на коефициента на триене; повишаване на кохезията и адхезията, по-добро задържане на диамантените зърна от матрицата, което води до удължаване живота на работната повърхност на образците неколкoкратно.

Увод

Композиционните диамантени покрития (КП) са уникални покрития, състоящи се от ултра финни диамантени частици, включени в твърда метална матрица - никел, хром и др. Използването на никел за носител на диамантените частици осигурява доброто им захващане. Равномерността на включване на частиците в матрицата прави покритията регенеративни при употреба.

Процесът за получаване на КП предлага икономична възможност за проява на свойствата на диаманта на повърхността на покритите образци. Синергизмът на свойствата на никеловата матрица и уникалните такива на диаманта генерира свойства, несрещани сред природните материали, а именно:

- изключителна изнosoустойчивост
- висока твърдост
- увеличена корозионна устойчивост
- перфектна равномерност при сложна геометрия
- подобрена термопроводимост
- приложимост към всички метали и сплави
- покриване на цялата повърхност или на определени области.

Тези характеристики позволяват удължаване живота и улесняване на поддръжката на покритите образци.

Един лесен за изпълнение и поддръжка метод за отлагане на никел е Методът за отлагане на безтоково никелово покритие ЕФТТОМ НИКЕЛ. Този метод позволява и отлагане на композиционни покрития.

Цел на настоящата работа е получаване на твърди, високо изнosoустойчиви покрития, приложението на които в реални условия да осигурява високо ниво на физико-механичните им и експлоатационни характеристики, с което се удължава живота на покритите образци.

Експерименти и резултати

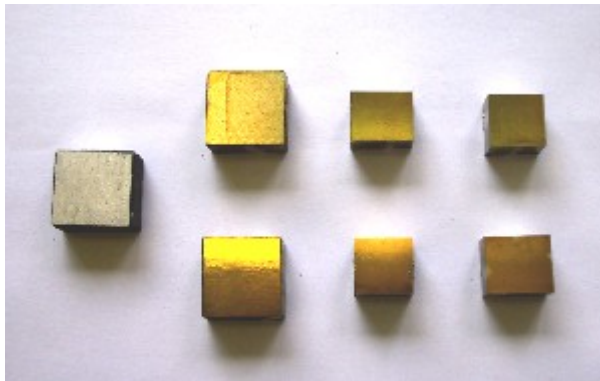
За отлагане на композиционни покрития с матрица никел и подсилващ (уякчаващ) материал-диамант е оптимизирана и усъвършенствана технологията за отлагане на безтоково никелово покритие ЕФТТОМ-НИКЕЛ с уякчаващи частици ултра дисперсен диамантен прах, нанодиамант. Получаването на диамантения прах се осъществява по взривен метод и е разработка на колектив от ИКИ-БАН [1]. Технологията ЕФТТОМ-НИКЕЛ е разработка на ТУ-София [2].

Разработени и изследвани са различни режими на работа и е оптимизиран работния разтвор съобразно състава на изходния материал, подлаган на обработка. Модифициран и деагрегиран е използвания нанодиамант с цел подобряване и улесняване на равномерното му включване му в никеловата матрица. Изследванията са част от работна програма по проект "X-Gear" [3].

Три вида покрития са отложени върху два вида стомана - 42CrMo4 (HR 30) и 65Г (HR60):

1. Безтоково никелово покритие
2. Композитно покритие Никел-нанодиамант (НД)
3. Композитно покритие Никел-нанодиамант и бор (В)

Всички покрития са термообработени за подобряване на адхезията на покритията и микротвърдостта им (Сн.1).

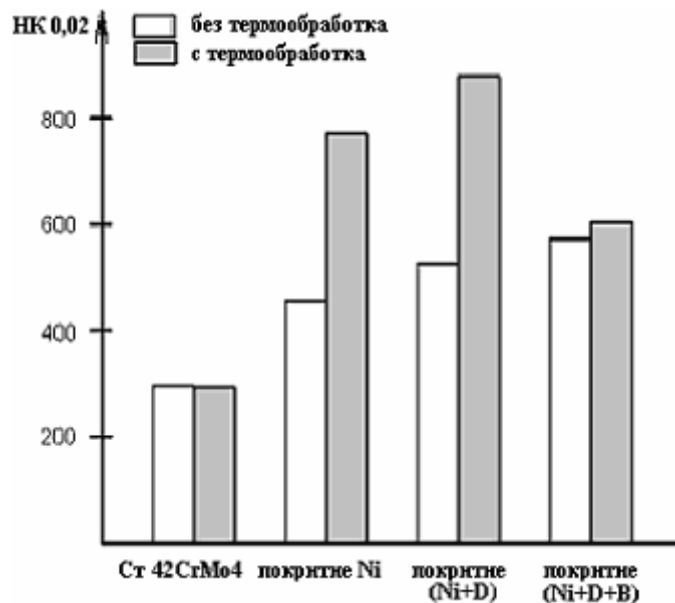


Снимка 1.

Изследвани са микротвърдостта (фиг.1), повърхностната грапавост (Сн. 2.а-м) топографията (Сн. 3. н-р) на композиционното покритие. Резултатите показват, че Ст 65Г не е подходяща за целите на проекта, поради което усилията са насочени към изследване на покрития върху Ст 42CrMo4.

Присъствието на НД и НД+В в никеловия разтвор осигурява получаването на по-твърди покрития. Твърдостта на последните нараства след термообработка - около 2 пъти за никеловите и (Ni + D) покрития и по-малко при покрития Ni+D+V.

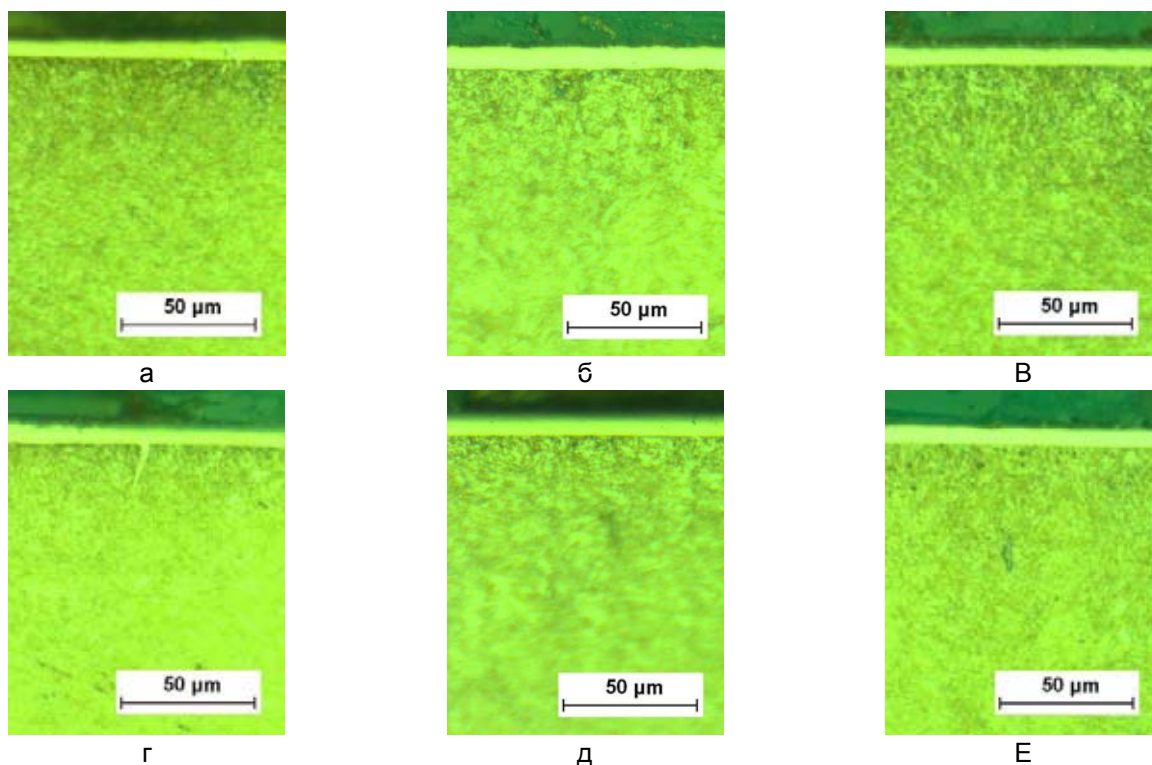
Безтоковия химичен метод за нанасяне на покрития осигурява перфектни по равномерност покрития по цялата повърхност на покриваните образци, независимо от сложността на релефа. Не се наблюдават натрупвания по ъгли, върхове, вътрешни диаметри. Наблюдава се запълване на микропорите и микропукнатините (Сн. 2. д, ж, к). Неравността на повърхността (грапавостта) е около 1-2 мкм. Степента на грапавост зависи от повърхностната грапавост на образца (от степента на полиране).



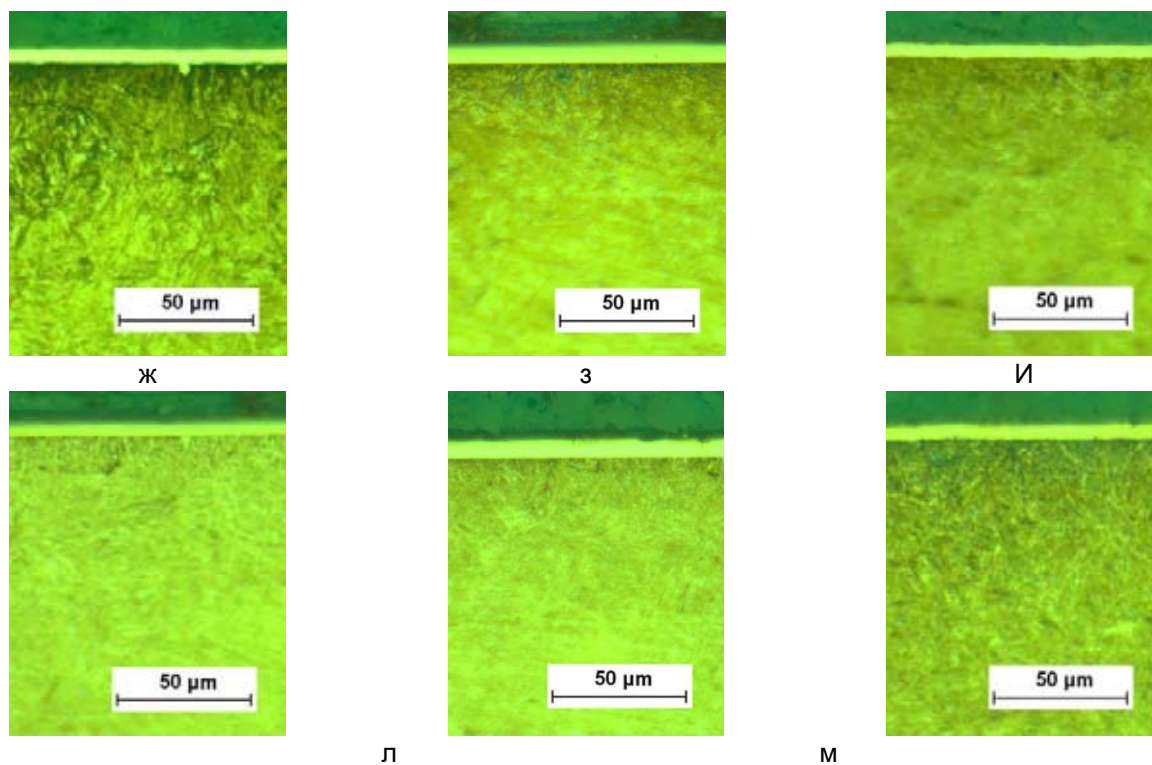
Фиг. 1. Изменение на твърдостта HK 0,02 в зависимост от състава на покритието

Дебелината на КП може да бъде регулирана съобразно изискванията на всяко специфично приложение.

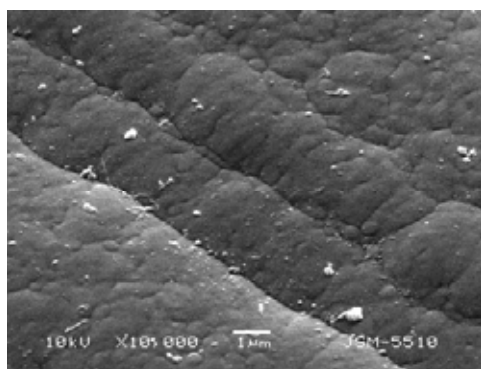
Плътноста на НД в КП е обичайно в границите 5-7об. %.



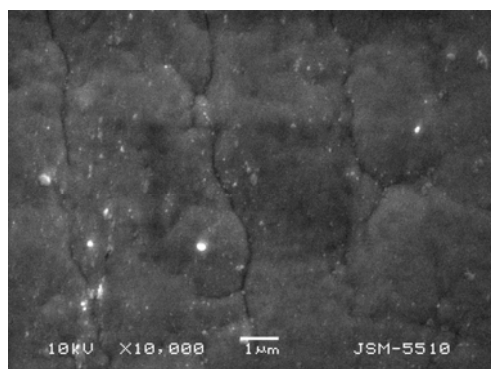
Снимки 2.а-е: Микроструктура на стомана (42CrMo4) и на Ni (а, г); Ni + D (б, д) и Ni+D+B (в, е) покрития а, б, в – без ТО; г, д, е – с ТО (290°C, 6h)



Снимки 2. ж-м: Микроструктура на Ст 65Г и на Ni (ж, к); Ni + D (з, л) и Ni+D+B (и, м) покрития ж, з, и – без ТО, к, л, м – с ТО (290°C, 6h)

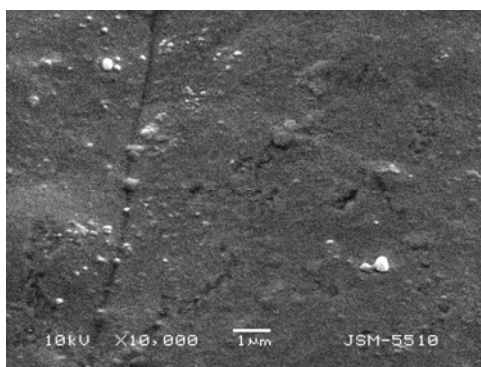


н

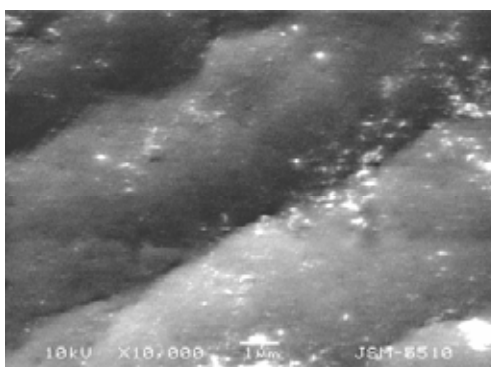


о

Снимки 3.н, о: Топография на Ni+D+V преди и след термообработка



п



р

Снимки 3.п, р: Топография на Ni+D преди и след термообработка

Включването на наноразмерни диамантени частици означава значително нарастване на диамантената повърхност в композиционното покритие, което оказва влияние върху преразпределението на дефектите в новоизграждащата се кристална решетка на покритието, а оттам на неговите свойства.

Същите експерименти бяха повторени със Ст 17CrMo4, определена за изходен материал за работа по проекта "X-Gear".

Твърдостта по Кпоор на покритите образци е показана на Табл.1.

Таблица 1. Твърдост по Кпоор НК 0,02

ОБРАЗЦИ	НК 0,02
1. Необработена Ст Ni+D	412
2. Необработена Ст. Ni	400
3. Обработена Ст Ni+D	524
4. Обработена Ст Ni	482
5. Необработена Ст Ni+D TO	700 – 850 1020
6. Необработена Ст Ni TP	844
7. Обработена Ст Ni+D TO	814 1020
8. Обработена Ст Ni TO	1020

Термообработката увеличава твърдостта и в този случай около 2 пъти. Поради образуването на агрегати от НД се наблюдава различна твърдост в различни точки от повърхността на покритието.

В реални условия е изпитана двойка зъбни предавки. Те са изработени от Ст. 42CrMo4 и са термообработени до начална твърдост HRC 44-46. Изпитанията са проведени на брикетна машина. Резултатите са 2 пъти по-добри от тези, получени при карбонизирана Ст. 38НММА с HRC 56-58 и 30% по-добри от тези, при инструментална Ст (сн.4 – зъбна предавка в различни стадии от работния процес).



Снимка 4. Зъбна предавка в различни стадии от работния процес

Изводи:

1. Комбинацията от свойства на никел и НД в композиционното никелово покритие води до повишаване на твърдостта му.
2. Термообработката на покритите образци осигурява 2 пъти по-висока твърдост.
3. По –твърдите и по-износоустойчиви КП с НД удължават живота на работната повърхност на покритите образци 2 пъти.
4. За получаване на висококачествени покрития е необходимо реализирането на добра адхезия с основата на образца и равномерно разпределение на включените НД в покритието.
5. Резултатите за степента на износоустойчивост и равномерността на включване на НД са в процес на обработка.

Литература:

1. Stavrev S. et al. US Patent No. 5353708 (1994).
2. Gavrilov G. and C. Nikolov. Electroless Nickel and composite coatings (DI "Техника", Sofia, 85).
3. С т а в р е в С. и др. "Нанодиаманти: перспективни технологии за приложенията им", ЕКСПО, май, 2006г., гр. София.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЕГМЕНТИ ЗА РЯЗАНЕ НА КАМЪК ОТ СПЛАВ Cu-30%Fe-20%Sn

Никола Стойчев¹, Здравка Карагьозова², Светлана Янева¹,
Ирен Дрангазова¹, Ставри Ставрев²

¹ Институт по металознание – Българска академия на науките
² Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: n_stoichev@ims.bas.bg

Ключови думи: рязане на камък; сегменти от ПМ сплав Cu-30%Fe-20%Sn, структура; износоустойчивост

Abstract: The aim of this report is to study Sn as substitute for Co in an alloy-carrier of diamond particles for stone-cutting segments. A PM base alloy CuFe30Co20 has been investigated. Here the working characteristics had to be bettered or preserved. Specimens of the alloys are obtained by pressing and sintering of batches of metal powders. Sintering was performed under constant pressure at 600-800 °C. In the structures obtained SEM investigations revealed the chemical content of bulk metal regions. Preliminary results on working characteristics of segments have been obtained by testing in real stone-cutting condition.

Резюме: Изследвани са детайли от праховометалургични сплави на медна основа за носители на диамантени частици, приложими за рязане на камък. Цел на работата е замяната на кобалта с калай в сплави, които се използват за режещи сегменти, като се запазят и подобрят работните им характеристики. Изследвана е микроструктурата на сплав Cu-30%Fe-20%Sn, аналог на използваната в момента Cu-30%Fe-20%Co (CuFe30Co20). Образци от двата сравнявани композита бяха получени от прахови смеси на металите, влизащи в сплавта, с добавки от абразивни компоненти (едри диамантени частици). Синтероването на изходните смеси се провежда под налягане при температури 600 – 800°С. В получените структури масивните области на медна и желязна основа са идентифицирани с помощта на сканиращ електронен микроскоп. Проведени са предварителни изпитания за живота на работни сегменти, вградени по периметъра на стоманен диск-носител, при условията на мокро рязане на мрамор.

Увод

Необходимостта от режещи инструменти за твърди материали налага нови изследвания в областта на праховометалургичните сплави. От години световен проблем е заместване на някои токсични елементи, замърсяващи околната среда. Такъв елемент е кобалтът, който е широко използван в сплави за носители на абразивни частици в режещите части на инструментите за обработка на камък [1]. В това отношение се разработват нови композиционни материали, в матрицата на които се изключва кобалтът. При замяната на кобалта с калаен компонент, се експериментира уякчаване на сплавта чрез включване на нано-размерни частици (т.н. УДДП – ултрадисперсни диамантени частици пречистени според [2]) за постигане на по-добри експлоатационни качества на режещите сегменти при инструментите за промишлено рязане и обработка на камък. Цел на представения доклад е изследване на праховометалургична сплав и композит на нейна основа, в която кобалтът да се замести с калай, при което се цели увеличаване на съотношението медна фаза / фазова компонента на желязна основа, като технологично се подобри захващането на абразивните диамантени частици и се постигне повишена устойчивост към изронване.

Опитна постановка

Изследвани са праховометалургични сплави на медна основа за носители на диамантени частици, приложими за рязане на камък. Образци от двете сравнявани сплави - използваната в момента сплав CuFe30Co20 и на сплав от типа CuFe30Sn20, бяха получени от прахови смеси на металите – основни компоненти на сплавите, като в някои случаи се внасяха прахове от съответни двукомпонентни сплави (напр. калаен бронз). Добавките от абразивно действащия материал (диамантени частици Ø 50 µm) бяха предварително метализирани [3]. Композитните смеси бяха пресовани и подложени на синтероване под налягане при температури 600–800°С. В някои експерименти бяха внасяни наноразмерни диамантени частици, както с прахообразния калай, така и

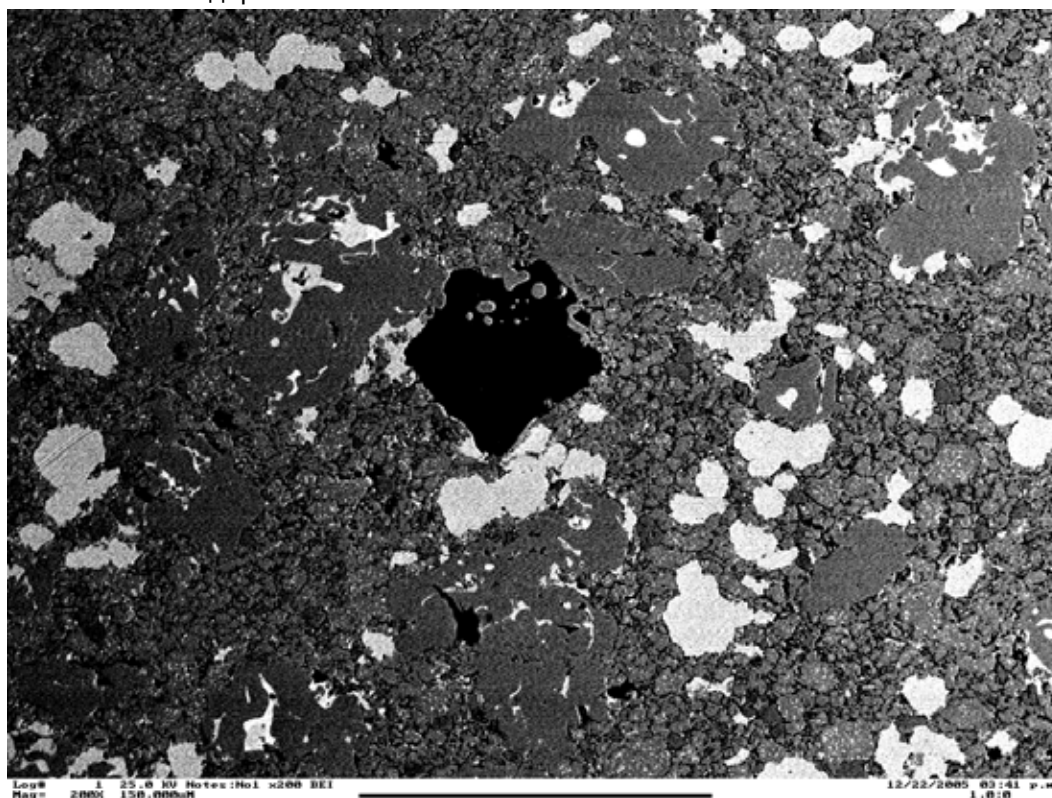
внедрени в металното покритие на едрите диамантени частици, за осигуряване на плътен и устойчив контакт на матрицата (съотв. железни и медни фази) с абразивните зърна.

В изследваните микроструктури наличните фази на медна и желязна основа са идентифицирани с помощта на сканиращ електронен микроскоп.

Проведени са предварителни изпитания за живота на работни сегменти, вградени по периметъра на стоманен диск-носител, при условията на мокро рязане на мрамор.

Резултати и обсъждане

Първоначално са изследвани сплави с кобалтово съдържание около 20%, в които при синтероване на композита са вградени диамантени частици с микро- и нано- размери. По данни за плътността на синтеровани образци, получената стойност 5.54 g/cm^3 предполага около 20% остатъчна пористост. Изследване на структурата чрез сканираща електронна микроскопия и рентгенов микроанализ показват неравномерно разпределение на елементите в различните участъци, което означава, че композитът е съставен поне от две метални фази, а пористостта е съсредоточена около областите на медна основа. При първата сплав (фиг.1,2,3) с интегрален химичен състав Fe –66,32%; Co –10,04%; Cu –21,23%; Sn –2.41%, бяха идентифицирани няколко области, описани в текста под фиг.1

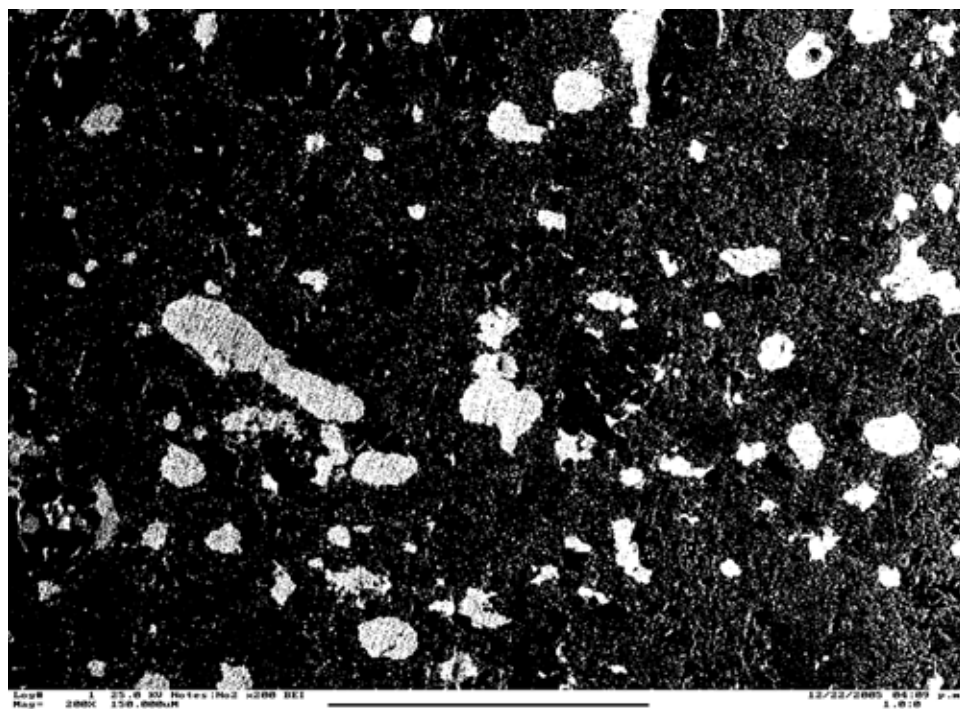


Фиг.1. Микроструктура на напречно сечение на сегмент от дисков режещ инструмент.

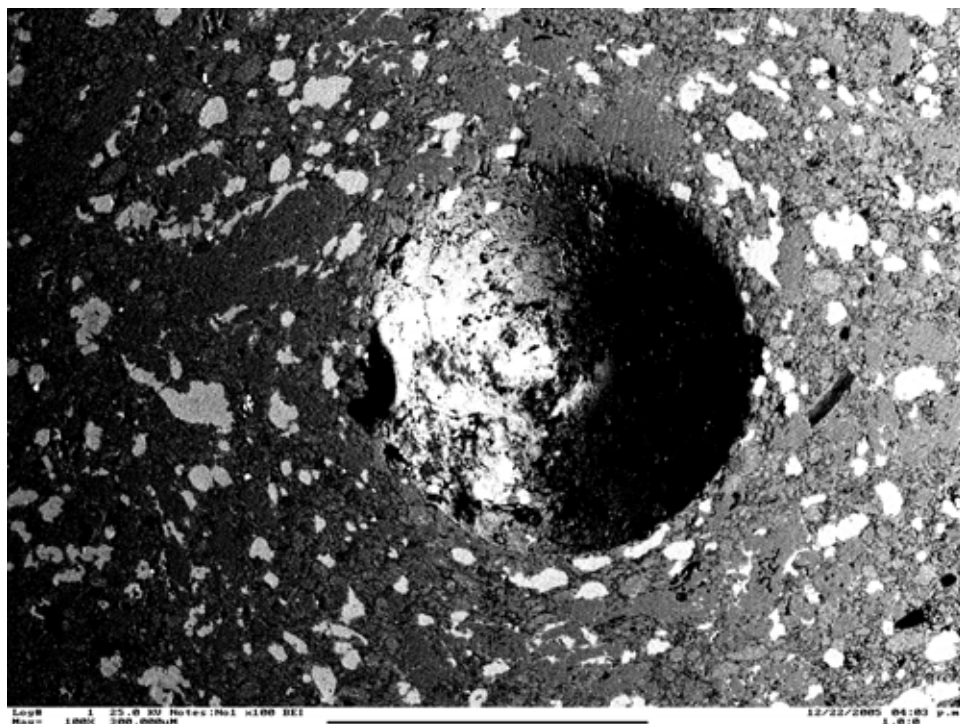
Състав на отделните масивни области:

- Бяла зона – Fe ~ 1%; Co ~ 0,5%; Cu ~ 97%; Sn 1%
- Бяла в контакт със сива – Fe ~ 40 %; Co ~ 15 %; Cu ~ 40 %; Sn ~ 5 %
- Разкъсана сива зона – Fe ~ 75 %; Co ~ 20 %; Cu ~ 4 %; Sn ~ 1 %
- Сива плътна – Fe ~ 80 %; Co ~ 16 %; Cu ~ 4 %

Експериментирано е внасяне на наноразмерни диамантени частици, внедрени в металното покритие на едрите диамантени частици, за осигуряване на плътен и устойчив контакт на матрицата с абразивните зърна. Чрез повишеното съдържание на въглерод в зоните на медна основа е локализирано присъствието на уякчаващите УДДП частици.



Фиг. 2. Микроструктура на повърхност на режещ сегмент.
Рентгеновият микроанализ потвърждава показаните по-горе данни
за състава на различимите области от шлифа



Фиг. 3. Според теста за твърдост по Бринел стойностите от 52,7 до 62,7
отразяват влиянието на пористостта и на по-меките - бели фази

С тази усложнена по състав композитна структура (с включените нано-размерни прахове) бяха постигнати обнадеждаващи резултати за предлагане в практиката на работни елементи от екологично чиста сплав. Проведените експерименти със сплави, в които кобалтът е заместен с калай показват отлични експлоатационни характеристики, като се получава подобрен захващащ ефект на

компактираните в сплавта микро- диамантени частици, а внесената съставка от УДДП (нано-размерни диамантени частици) уякчава предимно зърната с високи концентрации на калай. Резултатите от изпитанията показват подобрена устойчивост и удължен живот на композитните режещи елементи от новата сплав при работни скорости 60 min^{-1} .

Предстоящи са структурни изследвания на сплавите без кобалт и с повишено съдържание на калай.

Изводи

1. Получени са композитни сегменти за инструменти за рязане на камък от праховометалургични сплави на медна основа с повишено съдържание на калай, при част от които е изключен компонентът кобалт.
2. Внасянето на калай под формата на бронз се оказва по-подходящо, тъй като упростила технологията и позволява синтероването да започва при достатъчно високи температури, без опасност от поява на нискотемпературни евтектикуми, които при ликвация могат да влошат крайната структура на сплавта и на композиционния материал на нейна основа.
3. Установена е подобрена износоустойчивост и удължен живот на изделия от изследваните композити на основата на сплав без кобалт.

Литература

1. "Machines and tools for stone quarrying and processing" OSNET edition vol.1, Edt. By Carosio, S., I.Paspaliaris, 4.3 "Circular saw blades, 4.3.5. The segment", 2003, pp.124-128
2. M i t e v D., S. S t a v r e v. "Comparative research of two liquid phase methods for oxidative purification of shock synthesized nanosize diamond powder" 7th Workshop "Nanostructured materials application and innovation transfer", November 2005, Sofia, Bulgaria, Proceedings NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY Heron Press Science Series Issue 6, 2006 pp73-74
3. S t a v r e v S., Z. K a r a g u i o z o v a. "Formation of Nickel layer – covers on nanodiamond powder" 8th Workshop "Nanostructured materials application and innovation transfer", November 2006, Sofia, Bulgaria, Proceedings NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY Heron Press Science Series Issue 7 (2007 in press)

ПРОМЯНА НА СТРУКТУРАТА ПРИ НАНО-МИКРОКРИСТАЛНИ AlSiFeSb СПЛАВИ В ПРОЦЕСА НА ТЕРМИЧНО ОБРАБОТВАНЕ

Никола Стойчев, Мария Лазарова, Светлана Янева

Институт по металознание – Българска академия на науките

Abstract: *The influence of antimony on the structure of microcrystalline Al-Si-Fe alloys was studied by differential scanning calorimetry (DSC). It was found that during heating the structure development proceeds in two different temperature intervals: first with decomposition of supersaturated Al-solid solution and growth of secondary Si phase (activation energy in-between 71.5 and 114 kJ/mol) and second temperature interval where the decomposition of supersaturated Al-matrix causes growth of intermetallic phases with activation energy in-between 232 and 247 kJ/mol. Sb additions influence these two structure changes. Sb addition 0.6wt% doesn't influence the beginning of these two processes. Increase of Sb concentration up to 1.0 wt.% causes the increase of heat evolution by the growth of intermetallics AlFeSi and AlSb and shifts the start of the process to higher temperatures.*

Резюме: *Чрез диференциална сканираща калориметрия (DSC) е изследвано влиянието на добавки от Sb върху структурата на микрокристални Al-Si сплави, съдържащи Fe. Показано е, че при нагряване изменението на бързозатвърдялата структура протича в два последователни етапа: разпадане на преситения алуминиев твърд разтвор с образуване на вторична Si-фаза с активираща енергия от 71.5 до 114 kJ/mol и процес на образуване на интерметални фази (AlFeSi и AlSb) с активираща енергия от 232 до 247 kJ/mol. Намерено е, че добавката на Sb влияе различно върху тези два етапа. В концентрации до 0.6 тегл.% антимоът не влияе върху температурата на начало на образуване както на силициевата така и на интерметалните фази. Повишаването на концентрацията на антимона до 1 тегл.% не влияе забележимо върху процеса на отделяне на Si-фаза. Същевременно тази висока концентрация Sb повишава значително и топлинния ефект от образуване на фазите AlFeSi и AlSb и измества към по-високи стойности началната им температура на отделяне.*

Увод

Механичните и експлоатационни качества на алуминиево-силициевите сплави се определят от методите на получаване и от последвалата термична и термо-механична обработка. Изситняването на структурата, при намаляване размерите на зърната, както и понижена сегрегация на компонентите, води до съществено подобряване на свойствата на сплавите [1]. Това се постига чрез методи за бързо затвърдяване (БЗ) от стопилка като леене в плосък поток (PFC) [2,3]. При този метод се получават нано-микрокристални ленти. Наред с изситняване на структурата и същественото намаление на сегрегацията е налице повишена надравновесна концентрация на легиращите елементи в алуминиевата матрица [1,5]. Скорости на охлаждане на стопилката от порядъка на 10^6 K/s, постигнати с метода PFC, водят до високо преохлаждане на стопилката - $\Delta T \geq 100$ K [1,2]. Възможност за приложение на нано-микро кристалните сплави дава подходящо компактиране – например чрез гореща екструзия. При повишените температури, необходими за тази обработка, в сплавите протичат процеси на изменение на структурата, които определят свойствата на получаваните масивни изделия. Влиянието на легиращите и модифициращи елементи върху процесите, протичащи при повишени температури е от съществено значение, особено когато методите на бързо затвърдяване се използват за преработване на вторични сплави, съдържащи редица примеси.

Цел на настоящата работа е да се изследва влиянието на добавки от антмон – траен модификатор на Al-Si сплави върху процесите, които протичат при нагряване на нано-микрокристални образци.

Експериментална методика

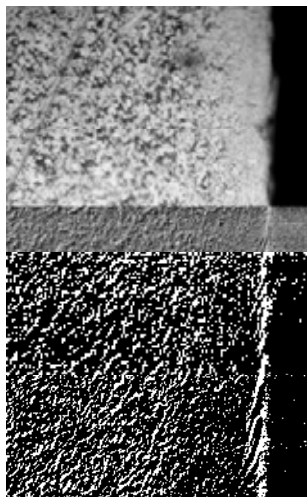
Бяха получени нано-микрокристални ленти от сплави със състав показан в Табл.1. Микрокристалните ленти с ширина 10mm и дебелина 40-80μm бяха получени при леене в плосък поток (PFC) върху бързовъртящ се меден диск с линейна скорост на охлаждащата повърхност 19 m/s, метод описан в предишни наши работи [3].

Таблица 1. Химичен състав на получените нано-микрокристални ленти

номер на сплавта	Si, тегл.%	Fe, тегл.%	Sb, тегл.%	Al тегл.%
1	12	2	0	до 100
2	11	0.39	0.6	до 100
3	11	0.2	1	до 100

Фазовите промени бяха изследвани с помощта на диференциален сканиращ калориметър DSC – 402 Phoenix, с компютърна обработка на резултатите. Бяха определени начални температури, топлинни ефекти и активиращи енергии на процесите.

Опитни резултати и обсъждане

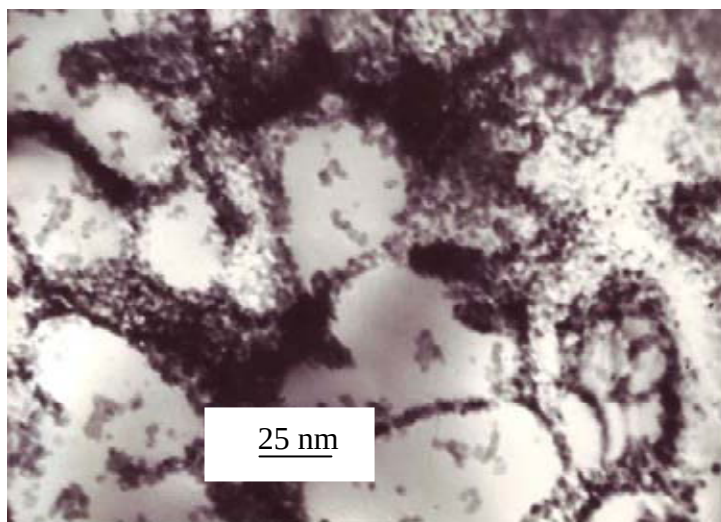


В неравновесните нано-микрокристални Al–Si сплави при нагряване се наблюдава промяна на структурата предимно поради разпадане на преситения Al-твърд разтвор. По пътя към равновесие от алуминиевата матрица се отделят пресищащите я елементи и се зараждат и нарастват фазите, съставляващи структурата на нано-микрокристалните ленти [5]. Тези процеси се фиксират на DSC кривите чрез появата на екзотермични пикове, на които се определят температура на начало на образуване на новите фази и топлината на образуването им. От мястото на екзотермичните пикове във функция от скоростта на нагряване по метода на Кисинджър [7] се изчисляват активиращи енергии на процесите. От количеството отделена топлина може да се съди за количествата новоотделени фази.

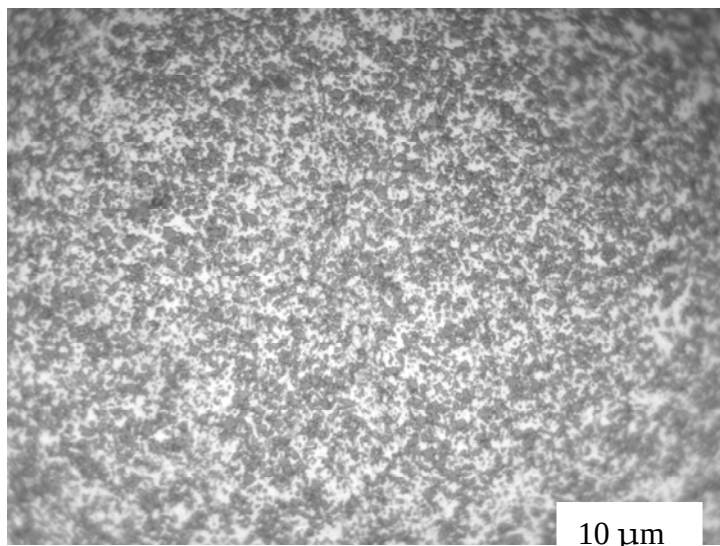
Фиг. 1. Напречно сечение на лента от сплав 3

В алуминиевите нано-микрокристални сплави се наблюдава много ситна as-cast структура. В напречно сечение на лентата от страната на охлаждащия диск има слой, който при наблюдение в оптичен микроскоп се приема за “безструктурен” – Фиг.1.

В ТЕМ при по-високи увеличения се вижда, че „безструктурната зона” всъщност е нанокристална и се състои поне от две фази с размери на частиците дисперсна фаза около десетина нанометра. Първични силициеви частици се намират по границите на зърната Al-твърд разтвор, получени още по време на затвърдяване на лентите - Фиг.2.



Фиг.2. Нано-микро структура на повърхността на AlSiSb лента от сплавта 2 от страната на охлаждащия диск



При гореща екструзия изотермичното нагряване води до разпадане на преситената Al-матрица и сравнително равномерно разпределение на нови силициеви частици по цялото сечение на екструдираните сплави - Фиг. 3.

Показаните на фигура 3 частици, всъщност са от различни фази.

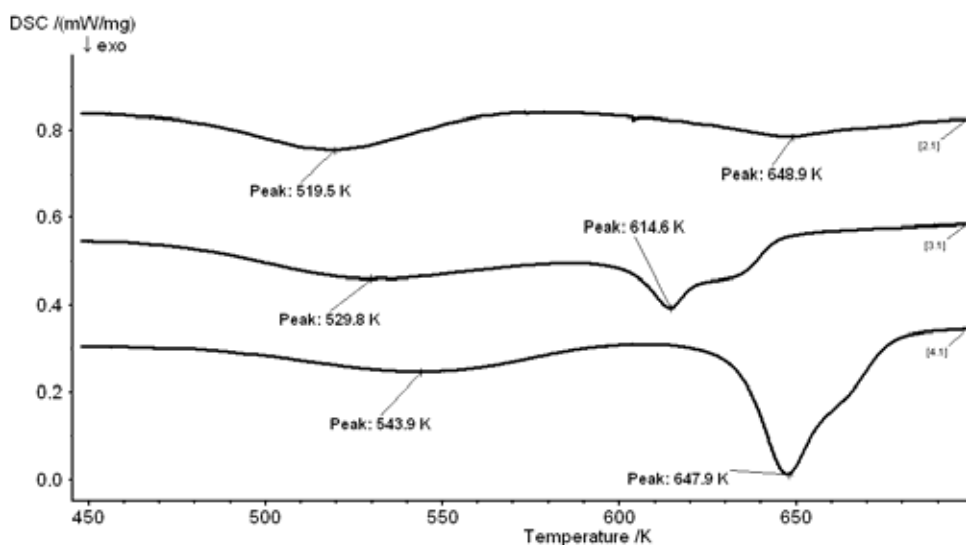
На Фиг. 4 са показани DSC-криви на изследваните сплави, получени при скорост на нагряване 20 K/min. В последователност от горе на долу са показани кривите при сплави 1, 2 и 3 (съставите са показани в Табл.1). Както се вижда от фигурата, всички криви показват

два екзотермични пика. На Табл. 2 са показани данните от DSC кривите за трите изследвани сплави.

Фиг.3. Микроструктура на екструдиран образец от сплав 3

Таблица 2. Опитни резултати от DSC изследвания

Сплав номер	Температура на начало на процесите		Топлинен ефект на процесите	
	T ₁ , K	T ₂ , K	Q ₁ , J/g	Q ₂ , J/g
1	480.3	603.6	-12.7	-6.1
2	480	604	-10.5	-9.5
3	486.4	634	-11.8	-23.3



Фиг. 4. DSC криви на изследваните сплави при скорост на сканиране 20 K/min

На DSC-кривата за сплав 1 се виждат два екзотермични пика, екстремумите на които отстоят един от друг на около 130 K. Вижда се също, че двата пика са сходни по форма, но различни по големина. От данните в Табл.2 се вижда, че топлинният ефект Q₁ на първия пик е около 2 пъти по-голям от Q₂ на втория. Чрез рентгеноструктурен анализ в [3] е доказано, че първият екзотермичен пик е резултат от отделяне на Si от преситената Al-матрица, както е при двойната AlSi11 сплав [5]. Вторият екзотермичен пик се дължи на образуване на желязосъдържаща фаза със състав близък до Al₅FeSi₂ и Al₃FeSi₂ [4].

На DSC-кривата на лента от сплав 2 се виждат също два близко разположени екзотермични пика, различни по форма, но сходни по големина. Топлините при двата пика Q₁ и Q₂ са приблизително равни (Табл.2). Вторият пик има сложна форма, вероятно в резултат на препокриване

топлинните ефекти при появата на поне две интерметалидни фази. Характерният допълнителен минимум към по-високи температури присъства на DSC кривите при използваните скорости на нагряване (с изключение на 50 K/min). Двата екзотермични пика при сплави 2 и 3 могат, по аналогия с изследванията на други автори [6], да се дължат съответно на образуване на Si фаза и поне на две интерметалидни фази; Al_xFeSi_2 и AlSb.

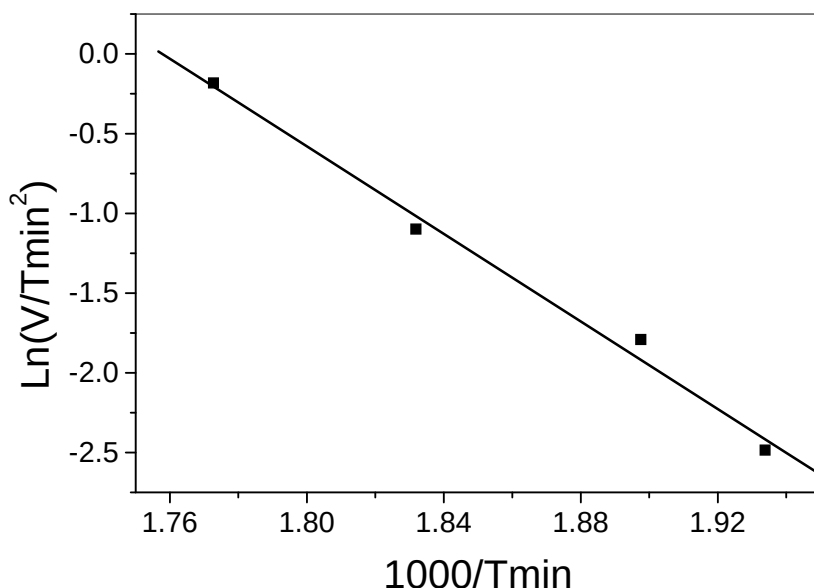
Сложната форма на втория екзотермичен пик при кривите за сплави 2 и 3, каквато няма при сплав 1 (без Sb), вероятно се дължи на образуване на кристалната фаза AlSb. Може да се предположи, че последната е водеща при отделянето на интерметалидите, тъй като началото на процесите при втория пик зависи от концентрацията на антимона. За образуване на алуминиев антимоид съобщават и други автори [6], изследвали лети Al–Si сплави със съдържание на Sb от 0.06 до 0.6 тегл. %.

От Табл.2 се вижда, че добавката на 0.6 тегл. % Sb не оказва забележимо влияние върху температурите на начало на образуване на Si-фаза T_1 , както и върху отделената топлина Q_1 . Добавката на 0.6 тегл. % Sb повишава топлината Q_2 на отделяне на интерметалидните фази, вероятно поради кристализацията на интерметалида AlSb, чиято топлина се включва във втория пик.

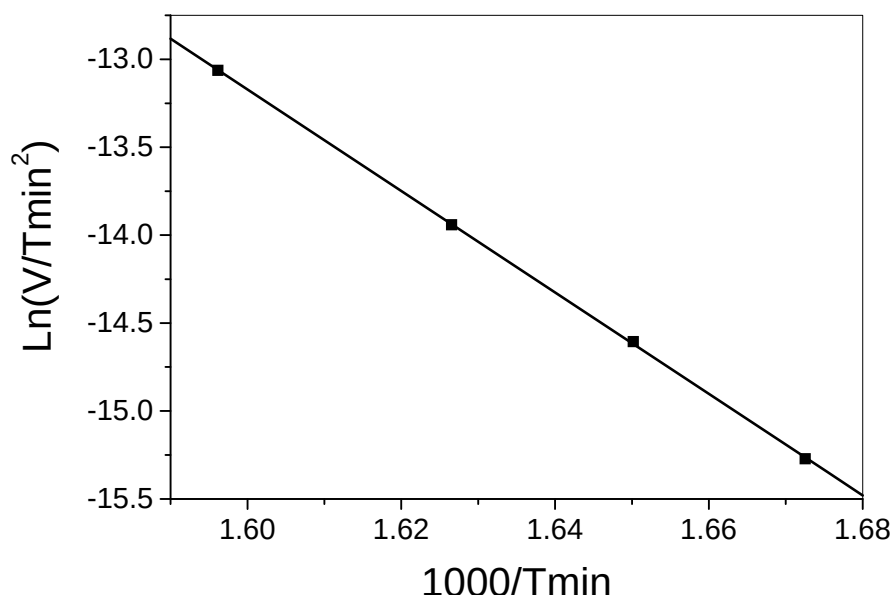
На DSC- кривата на лентата от сплавта 3 се виждат два екзотермични пика, разположени един от друг на температурен интервал от около 40K. Двата термични пика са различни по форма и големина. Стойността на отделената топлина на първия пик Q_1 е около два пъти по-малка, в сравнение с Q_2 (Табл.2). Фазите, които се отделят по време на първия и втори екзотермичен пик на тази сплав, вероятно са сходни с тези образувани при лентата от сплав 2. От Табл.2 може да се види, че добавката на 1тегл. % Sb повишава температурата на начало на образуване на Si-фаза T_1 с около 6 K, като не влияе забележимо върху топлината Q_1 на отделяне на Si-фаза, но повишава значително топлината Q_2 за интерметалидните фази. По-високата стойност на Q_2 може да се дължи на образуването на по-големи количества AlSb в сравнение със сплавта 2 с 0.6 тегл. % Sb.

За да се получи информация за активиращата енергия на процесите на отделяне на кристалните фази, по метода на Kissinger [7] беше изследвана неизотермичната кинетика на разпадане на Al-твърд разтвор при скорости на нагряване 5, 10, 20 и 50 K/min.

На Фиг. 5 и Фиг.6 са показани опитни резултати, представени в координатите на уравнението на Kissinger $\ln(v/T_{min}^2)$ спрямо $1000/T_{min}$ за сплав AlSi11Sb1 за първия и втори термичен пик съответно.



Фиг. 5. Опитни резултати в координати на уравнението на Kissinger за първия пик на сплав 3



Фиг. 6. *Опитни резултати в координати на уравнението на Kissinger за втория пик на сплав 3*

В Табл.3 са представени активиращите енергии, определени от наклоните на получените прави по метода на Kissinger за първия и втори пик на изследваните сплави.

Таблица 3. *Активиращи енергии определени по метода на Kissinger.*

Номер на сплавта	Активиращи енергии, kJ /mol на процесите при:	
	първи пик	втори пик
1	98.3	247.4
2	71.5 ± 14.7	239 ± 1.7
3	114.1± 8	232 ± 1.8

От Табл.3 се вижда, че процесът на образуване на Si-фаза (първи екзотермичен пик) протича с активиращи енергии в интервала 71.5-114 kJ/mol. В [5] са определени активиращи енергии при бързо затвърдени сплави AlSi11 съотв. 104 kJ/mol за образуване на Si-фаза и 139 kJ/mol за нарастването ѝ при повишени температури. Разликите в стойностите на активиращите енергии биха могли да се обяснят със степента на пресищане на алуминиевия твърд разтвор [8]. Според авторите на [8] пониското пресищане на твърдия разтвор изисква повишена активираща енергия на процеса на отделяне на силициева фаза.

За образуване на интерметални фази в температурния интервал на втория пик бяха получени стойности на активираща енергия от 232 до 247 kJ/mol.

Изводи

- Показано е, че изменението на структурата при нагряване на AlSiFeSb сплави протича в два последователни етапа на разпадане на преситения твърд разтвор:
 - ниско температурен етап на разпадане на Al –матрица с отделяне на Si – фаза с активираща енергия на процеса от 71.5 до 114 kJ/mol.
 - високотемпературен етап на поява и нарастване на вторични интерметални фази (AlFeSi и AlSb) с активираща енергия 232-247 kJ/mol.
- Намерено е, че добавката на 0.6 тегл.% Sb не влияе върху температурата на начало на отделяне на Si-фаза и върху топлинния ефект на процеса. Не влияе и върху температурата на начало на образуване на интерметалните фази AlFeSi и AlSb, но повишава топлинния ефект на процесите в този температурен интервал.
- Установено е, че добавката на 1 тегл.% Sb повишава незначително температурата на начало на отделяне на Si-фаза, без да влияе забележимо върху отделената топлина. Добавката на 1

тегл.% Sb повишава значително температурата на начало на образуване на интерметалните фази AlFeSi и AlSb и се отразява на топлинния ефект на процеса.

Литература

1. Lavernia E.J., J.D. Ayers, S. Srivatsan. *Int. Mat. Reviews*, **37**, No1, (1992) pp.1-44
2. Adam C.M., R.G. Bourdeau. "Transition and refractory element addition to rapidly solidified aluminum alloys", *J.Aust.Inst.Metals*, (1980), pp 246-259
3. Златева Г., Е. Момчилова, С. Янева, Н. Стойчев. "Магnezий в бързозатвърдяли Al-Si сплави", *Analytical lab.*, **4** (3), (1995). стр.185-188,
4. Стефанов Г., Г. Авдеев, К. Златева, private communication.
5. Stoichev N., K. Petrov, S. Yaneva, P. Kovachev, N. Tzvetanova. "Micro-structural development in Al-Si microcrystalline alloys", *Mat.Sci.Eng.* **337** (2002) pp.12-16
6. Yaneva S., L. Stojanova, N. Stoichev, Z. Kamenova. "On the mehanism of Al-Si alloy modification by metal antimony", *Cryst. Res. Technol.* **23**, pp.475-480, 1988
7. Kissiger H. E., *Anal. Chem.* **29** (1957) p.1702.
8. Mourik P. Van, E. J. Mittemeijer, T. H. De Keijser. *J. Mat. Sci.* **18** (1983) pp.2706-2720

Session 6

Space Biology and Medicine

Chairman: Sen. Res. Tania Ivanova

Secretary: Res. Fell. Iliana Ilieva

БЛОК ЗА ОСВЕТЛЕНИЕ ЗА КОСМИЧЕСКА ОРАНЖЕРИЯ НА БАЗАТА НА МОЩНИ СВЕТОДИОДИ

Таня Иванова¹, Иван Дандолов¹, Димитър Димитров²,
Бойчо Бойчев¹, Огнян Петров¹, Йордан Найденов¹

¹Институт за космически изследвания - Българска академия на науките

²ХАРДСОФТДИЗАЙН ЕООД

LIGHT UNIT FOR SPACE GREENHOUSE BASED ON POWERFUL LEDs

Tania Ivanova¹, Ivan Dandolov¹, Dimitar Dimitrov²,
Boycho Boytchev¹, Ognyan Petrov¹, Yordan Naydenov¹

¹Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²HardSoft Design LTD

e-mail: tivanova@space.bas.bg

Key words: space greenhouse, Illumination unit, powerful LED

Abstract: The basic requirements for the Illumination Unit (IU) of the future space greenhouses are: to maximize the luminous flux for better plant development ($350\text{--}400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), to work continuously, without failure at least two years, and to build it using light emitting diodes (LED), increasing design flexibility, and minimizing environmental impact. A IU with similar characteristics is in process of development by the Space Research Institute, Bulgarian Academy of Sciences jointly with the Institute for Medico-Biological Problems (IMBP) – Moscow, in the frame of the project “Greenhouse – Mars” within “Mars-500” experiment. The Photosynthetic Active Radiation (PAR) should be in the boundaries of $350\text{--}400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ for the plant’s normal photosynthesis process to occur. During the research we made, we determined that for the realization of the IU we could use numerous low power LEDs (drive current up to 20 mA) or fewer powerful LEDs, capable of operating with higher drive current - up to 700 mA. To provide the necessary PAR we have chosen the powerful LEDs with higher radiation intensity. They dispense more thermal energy and have higher radiation angle, so compulsory cooling and correction of the radiation angle with a specialized optics will be necessary. Using the developed by us device for the experimental measurement of PAR we selected the most suitable LEDs available on the market - the new series of Cree XLamp XR LED. The combined radiation of red, green and blue LEDs, controlled by a DMX programming device connected with specialized DMX controllers would allow us to simulate different spectral ranges in order to experimentally determine the most suitable conditions for plant growth and optimal plant development.

Въведение

Осъществяването на пилотируем полет до Марс изисква решаването на многочислени проблеми, като ключов се явява проблема за медико-биологичното осигуряване на екипажа, поради това, че човешкият фактор в значителна степен предопределя възможността за успешно завършване на мисията, а в същото време точно човекът се явява и най-уязвимото звено в системата “екипаж – космически кораб”, поради въздействието на неблагоприятните фактори по време на полет. Именно част от тези проблеми ще се опита да реши експериментът Марс-500, който е в процес на активна подготовка в Института по медико-биологични проблеми (ИМБП) – РАН в Москва [1]. По време на експеримента шестима доброволци (на възраст 35-55 години) ще бъдат затворени за повече от 500 дни в наземен експериментален комплекс (НЕК), състоящ се от 5 свързани помежду си херметизирани модула със сумарен обем 550 m^3 , като в един от модулите ще бъде разположена голяма оранжерия (3 m^2). Екипажът на НЕК ще се намира в условия на изкуствена атмосферна среда при нормално барометрично налягане. По време на експеримента ще бъде проучено влиянието на моделираните условия на пилотируема експедиция до Марс върху здравето и работоспособността на екипажа; ще бъдат тествани съвременни технологии и средства за осигуряване нормалното съществуване на човека при подобни условия. В рамките на експеримента Марс-500 е и разработваният съвместен проект между Института за космически изследвания (ИКИ) – БАН и ИМБП – РАН, модулът Блок за осветление (БО) за космическа оранжерия под названието “Оранжерия-Марс” [2]. Растенията са основен компонент на разработваните биологични системи за осигуряване на

живота на космонавтите, както като източник на храна, така и за пречистване на въздуха в кабината. Не на последно място е и положителното им психологично въздействие върху членовете на екипажа. Изискванията към блока за осветление на бъдещата космическа оранжерия са: ниско тегло, висока надеждност и дълъг живот. БО изграден на базата на светодиоди удовлетворява най-пълно горните характеристики, предвид тяхната по-голяма яркост, енергоефективност и дълъг живот (до 100 000 часа) в сравнение с конвенционалните източници за осветление.

Състояние на проблема

Разработването на БО за космически оранжерии на базата на светодиоди започва в САЩ през 90-те години за мисиите на космическите совалки [3]. Благодарение на бързото развитие на технологиите, свързани с изготвянето на светодиоди, в момента разполагаме с такива, осигуряващи достатъчно високи нива на осветеност за да позволят нормалното протичане на процесите на фотосинтеза. Светодиоди с максимум на излъчването около 650 nm се явяват възможно най-ефективния източник на фотони, осигуряващи безпроблемно протичане на фотосинтезата при нива на излъчване от порядъка на $0-500 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Светлината от синята област на спектъра (400 - 500 nm) и с по-ниски нива на излъчване ($0-80 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) участва в фотоморфогеничните и фототропичните реакции на растението [4]. В този случай изискванията за осветеност могат да бъдат удовлетворени по-лесно. Установено е че, комбинация от червени и сини светодиоди осигуряват нормално протичане на развитието на растенията в установка с управляеми параметри на околната среда. Подобен БО с 90% червена и 10% синя светлина, осигурявана от светодиоди беше използван в американската космическа оранжерия ASTROCULTURE™ по време на 3 мисии на космическата совалка (STS-57, STS-63 и STS-73), а също и в модула ADVASC на Международната космическа станция [5]. Наземните изследвания на светодиоди с различни спектри, показаха недвусмислено, че комбинацията от червена и синя светлина се явява достатъчно ефективна за нормалното развитие на различни култури, а добавянето на зелена светлина придава на растенията вид по-близък до естествения, което е по-добре за екипажа от психологична гледна точка [6]. Допълнителен благоприятен ефект е че светлината с тази дължина на вълната прониква по-дълбоко в листната маса, усилвайки процесите на фотосинтезата в приземните части на растението. Американско експериментално изследване доказва, че растения осветявани със червени и сини светодиоди плюс допълнителна зелена светлина от флуоресцентни лампи произвеждат повече биомаса, отколкото растения отглеждани само под бяла флуоресцентна светлина [7].

Необходимо е да бъдат продължени изследванията в тази област, за да бъдат експериментално определени оптималните спектрални характеристики на бъдещия БО на базата на светодиоди, за да се постигнат максимални добиви от растенията.

Растителни видове, най-вече листови зеленчуци, ще бъдат отглеждани при различни спектрални характеристики. Проби за анализ ще бъдат взимани на определени етапи от развитие на растенията за изследване влиянието на светлинния интензитет и спектралното разпределение върху физиологичните параметри на растенията.

Техническите изисквания, към новия БО

Най-важното изискване към БО е висока надеждност за да се осигури непрекъсната и безаварийна работа в течение поне на 18 – 24 месеца. Необходимо е да бъдат взети специални мерки за охлаждане, а също и да се поддържат постоянни електрическите и топлинните характеристики на модула БО.

- Размери на осветяваната площ - 33 x 33 cm за технологичния образец. БО с тези размери ще замени стария БО на наземната космическа оранжерия СВЕТ, в която смятаме да проведем изпитанията на новия блок. При тези размери за изграждане на 1 m^2 осветителна площ ще са необходими точно 9 подобни модула;

- Максимално разстояние от осветителния модул до осветяваната площ – 50 cm. Разстоянието ще може да се променя в границите на 50 -20 cm, със стъпка 10 cm, позволявайки, най-пълно да се използва светлинната мощност на блока при различните етапи на развитие на растенията.

- Количество необходима светлинна енергия за безпроблемно протичане на процесите на фотосинтеза (Photosynthetic Active Radiation – PAR) - в границите на $350-400 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

- Спектрални характеристики: син (450 nm), зелен (550 nm), червен (650 nm), $\pm 30 \text{ nm}$.

- Възможности за симулиране на следните спектрални диапазони, чрез промяна на интензивността на светене или броя светещи светодиоди:

- ✓ 50% син, 20% зелен, 30% червен;
- ✓ 30% син, 20% зелен, 50% червен;
- ✓ 10% син, 20% зелен, 70% червен;
- ✓ 10% син, 0% зелен, 90% червен;

Първоначално ще бъдат разработени 2 образца на БО за биотехнологични изпитания и подбор на оптимален спектър след анализи:

- технологичен - за Лабораторията на ИКИ-БАН;
- работен - за тренажора на ИМБП-РАН.

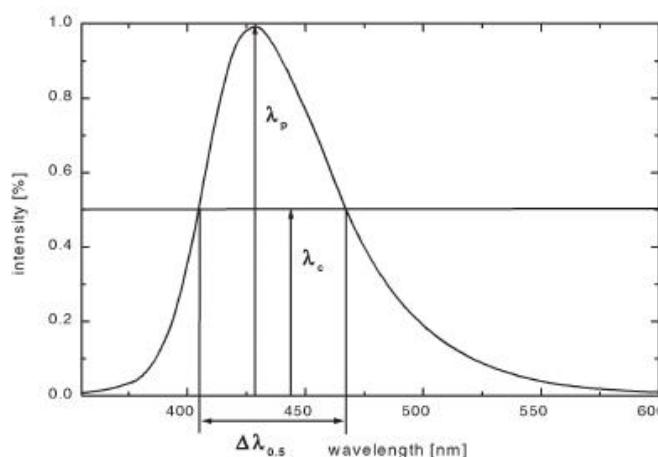
За обезпечаване на зададената стойност на PAR е необходимо прилагането на светодиоди с повишен интензитет и малък ъгъл на излъчване.

Симулирането на зададен спектрален диапазон се осъществява чрез комбинирано излъчване на сини, зелени и червени светодиоди. Тъй като интензитета на излъчване на диодите за съответните спектрални диапазони е различен, ще бъдат използвани различен брой светодиоди за отделните цветове.

Избор на светодиоди

Разработена бе установка за експериментално измерване на PAR, с помощта на която бяха направени серия измервания на интензитета на различни типове предлагани на пазара светодиоди. Тя се състои от два съосни цилиндъра с диаметър на външния - 11 cm, които се приплъзват и влизат плътно един в друг за да може да се променя разстоянието (от 10 до 50 cm) от светодиода до измерителния датчик на уреда (преносима система за измерване на фотосинтезата LI-6400 - LI-COR, Lincoln, Neb.). На дъното на единия цилиндър е монтирана скоба за закрепване на осветителното тяло (LED-spot), а на дъното на другия – отвор с фиксатор за закрепване на датчика за измерване на светлинния интензитет.

На базата на направените измервания се спряхме на светодиоди от типа XLamp XR на американската фирма Cree, отговарящи най-точно на поставените технически изисквания [8]. Избраният вариант ще намали чувствително общия брой светодиоди и ще опрости конструкцията на блока за осветление. Диодите от типа XLamp XR LEDs са един от най-новите продукти от семейството XLamp LED. Този тип светодиоди могат да бъдат управлявани с токове от 350 mA (еквивалентно на мощност 1 W) до 700 mA (еквивалентно на мощност до 3 W), което позволява вариране на светлинния интензитет в достатъчно широки граници за постигане целите на планираните експерименти. На базата на дългосрочни тестове за надеждност и стандартизирани методи за прогнозиране, Cree гарантира, че светодиодите от тази серия ще запазят до 70% от светлинния си интензитет след 50 000 часа работа, при условие, че температурата на мястото на спойката не надвиши 80°C.



Фиг. 1.

Призматичната оптична система, разработена и патентована от Polymer Optics Ltd [9], която ще монтираме пред всеки LED spot, ще осигури добро смесване на светлината, създавайки тесен и хомогенен светлинен сноп. Система е съвместима с избрания от нас тип светодиоди XLamp XR LED на фирмата Cree.

Спектралното разпределение на LED се различава по много аспекти от конвенционалните източници на светлина. То не е монохроматично като това на лазера, нито със широк спектър, както при повечето източници на светлина с нажежаема жичка. Спектърът на LED има максимум с определена дължина на вълната, в зависимост от процеса на изготвяне, и типична ширина на спектъра при FWHM (full width at half maximum) от 15 до 60 нанометра (Фиг. 1) В този случай спектралната ширина на излъчване на LED при нормално разпределение ($\Delta\lambda_{0.5}$) се изчислява като се

намери разликата ($\Delta\lambda_{0.5}$) между дължините на вълните, с интензивност $\frac{1}{2}$ от максимума λ_p - съответно $\lambda'_{0.5}$ и $\lambda''_{0.5}$:

$$\Delta\lambda_{0.5} = \lambda'_{0.5} - \lambda''_{0.5}$$

За избраните от нас светодиоди от типа XLamp XR LED се получиха следните стойности на горните параметри:

LED (цвят)	λ_p	$\lambda'_{0.5}$	$\lambda''_{0.5}$	$\Delta\lambda_{0.5}$
Син	468	455	480	25
Зелен	525	505	545	40
Червен	632	625	640	15

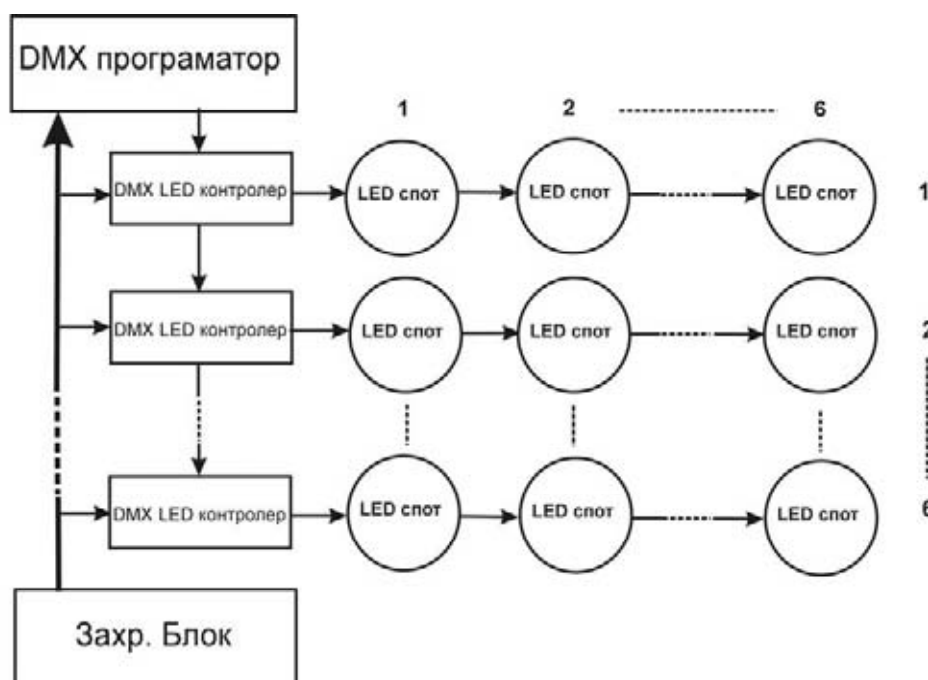
Получава се сравнително припокриване между зададените в техническите изисквания спектри и спектрите на светодиодите, които ще бъдат използвани в БО.

Конструкция и управление на БО

За да можем да опишем по-добре конструкцията и управлението на БО, който разработваме ще въведем следните основни понятия:

- **Светлинен източник (СИ)** – мощен LED с определен цвят (RED, GREEN, BLUE).
- **Елемент** – светлинен източник с уникален идентификационен номер (от 1 до 255). Възможно е няколко елемента да имат един и същ идентификационен номер.
- **LED спот** – осветително тяло съдържащо три елемента, разположени физически в един корпус.
- **Група** – множество от елементи, разпределени в едно или няколко осветителни тела, които се управляват по еднотипен начин. Възможно е да бъдат дефинирани до 255 отделни групи. Всеки елемент може да участва в една или няколко групи едновременно.

Механично блокът за осветление ще бъде изпълнен върху метална плоча с размери 33 см x 33 см, на която ще бъдат монтирани 36 LED спота, като бъдат предвидени съответните радиатори за охлаждане с цел поддържане на оптимална температура при непрекъснатата работа на осветителната система. БО ще използва стандартно захранване на фирмата Mean Well с мощност 500 W, 24 V, 0 ~ 20A [10], като в космически вариант ще бъде включен направо към бордовата система.



Фиг.2. Блоквата схема на системата за управление на БО

Разработеният DMX¹ програматор управлява шест DMX контролера. Към всеки DMX контролер са свързани по шест LED спота. 30 LED спота съдържат зелен, червен и син СИ, а 6 – по 3 червени СИ. Предложената схема на свързване позволява задаване на 255 различни нива на светлинния интензитет на всеки СИ. Всеки елемент може да принадлежи към една или няколко групи в зависимост от изискваната схема за осветление. Предвиден е механизъм за лесна промяна на елементите принадлежащи към всяка от групите.

Тази схема на работа осигурява варирането на спектралните характеристики и светлинния интензитет в широк диапазон, което ще позволи провеждане на много прецизни експерименти с различни култури и намирането на оптималните режими за всяка от тях.

В DMX програматора се записват серия инструкции за управление на спектралните характеристики и светлинния интензитет на БО по предварително зададен график. Всяка инструкция управлява определена група от елементи, като дава възможност елементите от останалите групи да запазват или променят състоянието си.

Основните параметри на една инструкция са както следва:

- Номер на инструкция (0-255);
- Номер на група (0-255);
- Код на стандартна програма (0-5);
- Брой повторения (1-255) – указва колко пъти да бъде повторена съответна инструкция;
- Начален интензитет RED, GREEN, BLUE (0-255);
- Краен интензитет RED, GREEN, BLUE (0-255);;
- Секунден интервал "Включено" (0-25.5 сек)
- Секунден интервал "Изключено" (0-25.5 сек)
- Начало на разрешен прозорец от астрономическо време (от 00:00 до 23:59);
- Край на разрешен прозорец от астрономическо време (от 00:00 до 23:59);
- Задаване на активни дни от седмицата – инструкцията се изпълнява само през активните дни

от седмицата

Стандартните програми за управление на БО

Програма 0 – Всички елементи на групата са в положение "изключено".

Програма 1 – Елементите запалени с предишната инструкция запазват състоянието си. Всички елементи на групата светват с постоянен интензитет равен на началния интензитет за зададен интервал "включено".

Програма 2 – Изгася всички елементи запалени с предишната инструкция. Всички елементи на групата светват с постоянен интензитет равен на началния интензитет за зададен интервал "включено".

Програма 3 - Елементите запалени с предишната инструкция запазват състоянието си. Всички елементи на групата светват с постоянен интензитет равен на началния интензитет за зададен интервал "включено", а след това биват изгасени за зададен интервал "изключено".

Програма 4 - Изгася всички елементи запалени с предишната инструкция. Всички елементи на групата светват с постоянен интензитет равен на началния интензитет за зададен интервал "включено", а след това биват изгасени за зададен интервал "изключено".

Програма 5 - Елементите запалени с предишната инструкция запазват състоянието си. Всички елементи на групата светват с интензитет равен на началния интензитет за зададен интервал "включено", а след това - с интензитет равен на крайния интензитет за зададен интервал "изключено".

Програма 6 - Изгася всички елементи запалени с предишната инструкция. Всички елементи на групата светват с интензитет равен на началния интензитет за зададен интервал "включено", а след това - с интензитет равен на крайния интензитет за зададен интервал "изключено".

Резултатите от експериментите, които ще проведем с новия БО ще позволят да бъде създаден спектрално балансирана осветителна система на базата на светодиоди, за намиране на оптималното съотношение изразходвана енергия/добиви от отглежданите растения.

Перспективи за развитие на БО

В по-нататъшен етап се предвижда управлението на спектралните характеристики и светлинния интензитет на БО да се поеме от новата контролно-измервателна система ME-4610 (Meilhaus Electronic GmbH) свързана към КО СВЕТ. Така, в съответствие с концепцията за адаптивно управление на средата, тези параметри на БО ще могат да се променят без намесата на оператор.

¹ DMX (Digital Multiplex) – протокол за еднопосочен пренос на данни от DMX програматора към DMX контролери. Всеки контролер има два конектора **DMX in** и **DMX out**, което позволява последователното свързване към DMX програматора до 255 DMX контролера.

От друга страна, когато се налага "ръчно" управление на параметрите (при наземните експерименти), това ще става по-лесно и бързо и с по-малко грешки, ако се прави посредством дружелюбен програмен интерфейс. Графичното представяне на БО ще позволи директно избиране на области от него и промяна на параметрите на тези области. Може да се предвиди и симулация на резултантното осветление, което ще се получи с новите промени – както визуално, така и с конкретни характеристики на светлината, достигаща листната зона.

Благодарности

Изследванията са осъществени с помощта на частично финансирането от Договор КИ-1-01/03 с МОН. Авторите на статията изказват благодарност и на ръководството на БАН за включването на проекта "Оранжевия-Марс" в рамките на Спогодбата за сътрудничество по ЕБР между БАН и РАН в областта на Фундаменталните космически изследвания.

Литература:

1. О проекте "МАРС – 500", <http://www.imbp.ru/Mars500/Mars500.html>
2. I v a n o v a T., V. Sychev. Project "Greenhouse - Mars" - Plant Growth Study with Different Spectra LEDs Light Units. Proceedings of the Second Scientific Conference with International Participation **SENS'2006**, 14-16 June 2006, Varna, Bulgaria, CD – Session 7/2; <http://www.space.bas.bg/astro/bulg.html>.
3. B u l a R.J., D.J. T e n n e s s e n, R.C. M o r r o w and T.W. T i b b i t s. Light Emitting Diodes as a Plant Lighting Source. Proceedings of International Lighting in Controlled Environments Workshop, NASA Conference Publication; Kennedy Space Center, Florida, USA, CP-3309, 1994, 255-268.
4. B u l a R.J. and R.W. I g n a t i u s. Providing Controlled Environments for Plant Growth in Space. International Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems, Narita Japan, August 26-29, 1996.
5. Z h o u W., R.J. B u l a and N.A. D u f f i e. Performance Evaluation on the Commercial Plant Biotechnology Facility. SAE Technical Paper Series #981666, 28th International Conference on Environmental Systems, Danvers, Massachusetts, July 13-16, 1998.
6. F o l t a K.M., L.L. K o s s, R. M c M o r r o w, H.H. K i m, D. K e n i t z, R.M. W h e e l e r and J.C. S a g e r. Design and Fabrication of Adjustable red-green-blue LED Light Arrays for Plant Research. BMC Plant Biology 2005, 5:17.
7. K i m H.H., G.D. G o i n s, R.M. W h e e l e r and J.C. S a g e r. Green-light Supplementation for Enhanced Lettuce Growth under Red- and Blue-light-emitting Diodes. HortScience 39(7):1617-1622, 2004.
8. D a t a s h e e t f o r C r e e® X L a m p® X R L E D, <http://cree.com/products/pdf/XLamp7090XR.pdf>
9. P o l y m e r O p t i c s L i m i t e d, Narrow Angle LED Colour Mixer Assembly, <http://www.polymer-optics.co.uk/Cree%20Colour%20Mixer%20Range.pdf>
10. M e a n W e l l E n t e r p r i s e s C o. L t d., 480W Single Output with PFC Function, <http://www.meanwell.com/search/SP-500/default.htm>

SLEEP EFFICIENCY UNDER EXTREME FACTORS INFLUENCE

Irina Stoilova, Svetla Dimitrova

Solar-Terrestrial Influences Laboratory - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: istoilova@abv.bg

Key words: Sleep; efficiency coefficient; space flight

Abstract: Human sleep structure and variations of its different parameters are in a definite relation with the intensity and character of different endogenous and exogenous factors. Investigation of sleep efficiency gives the possibility to calculate which part of the time in sleep was usefully used for rest and relaxation and also for recovering and restoration processes in the organism. Investigation of these changes gives the possibility to determine the reason for deviations established in organization and structure of sleep. We performed in our studies of sleep investigations of sleep efficiency during space flights as well as of different coefficients of the sleep structure. The results obtained revealed that latent times of the different sleep stages were changed in space flight. REM phase was significantly changed in quantity and structure during space flight and these changes influenced on the sleep coefficients calculated and sleep efficiency. Nevertheless sleep efficiency is comparatively well preserved under space flight but only during short space flight. The stay duration and individual astronauts' features can have influence on the sleep efficiency preserving. The investigations performed revealed that human can keep sleep efficiency what is too important under extreme conditions.

Sleep efficiency in space flight (SF)

Sleep efficiency is an indicator for that which part of the time appointed and spent in sleep was used not only for rest and relaxation but also for recovering the energy balance, for balancing the processes of excitement and retention, for balancing hormones production in human organism (Drucker-Colin et al., 1982]. Sleep efficiency coefficient (SEC) depends on total sleep duration, duration of deep sleep (DS), time needed for falling asleep (latent period) and time spent in awaken state and in superficial sleep (SS). Human sleep structure and variations of its different parameters are in a definite relation with the intensity and character of different endogenous and exogenous stress effects [Sinton C., 1983]. Investigation of these changes gives the possibility degree of sleep usefulness to be calculated and on the other hand degree of the affect of stress factor, the reason for deviations established, to be determined. In some cases at space flight (SF) SEC reaches significantly large values (for astronaut A.A.). It is an indicator for good adaptive reaction and preserved ability for recovering under extreme conditions.

Material and methods

We elaborated special multi-channel registering device (poly-physiograph) with a miniature size for its time for sleep registering and analysis in space conditions (Дунев, 1985). It was supplied from small batteries and its construction was consistent with the requirements for space appliances. That device could register for 8 hours 6 physiological parameters needed for sleep analysis. Physiological and electrophysiological parameters were registered, which were necessary for the complete sleep characterization and valuation as well as for calculating SEC under SF conditions. Electric brain activity (EEG), eyes movements (EOG), electromiogram (EMG), electrocardiogram (ECG) and respiration frequency were registered.

Analysis were performed in our investigations of sleep efficiency as well as of different coefficients of the sleep structure revealing the relation between different sleep stages – superficial sleep (SS), deep sleep (DS) and paradoxical (rapid eye movements (REM) sleep), respectively K_1 – SS/DS; K_2 – SS/REM; K_3 – DS/REM. SEC was calculated according to the formula suggested by Vein and Heht (Вейн и Хехт, 1989].

$$SEC = \frac{TotalSleepDuration(min) + DS(min)}{LatentTime + AwakenState(min)}$$

Parameters needed for SEC calculation during different stages were measured – latent time values for the total sleep (the time from lie down till the first sleep EEG symptoms); latency of DS and REM sleep

(respectively the time from lie down till the first slow waves occurrence in EEG registrations or till the first REM-sleep parameters occurrence).

Results

It was established that latent times of the different sleep stages were changed. In some cases at prolonged stay in SF latent period of the total sleep and especially of deep sleep was significantly longer while in other cases latency of the total sleep and its different stages could be significantly shortened in comparison with the normal values (Fig.1). The average value of the sleep latency at pre-flight period was about 8 minutes and for III and IV stages about 19 minutes, which means that after 7th minute the astronaut fell asleep already and after 19th he already slept in deep sleep. As it is seen in the figure at 9th flight day 10 minutes after eyes closing slow waves sleep appeared.

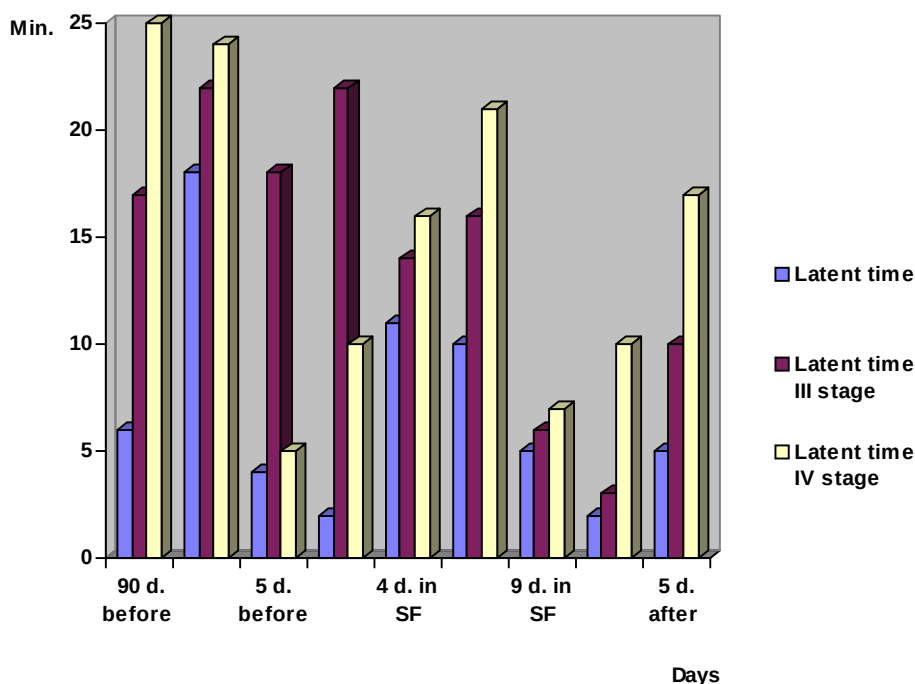


Fig. 1. Exemplary diagram of latent time of the total sleep and III and IV sleep stages of the cosmonaut A.A.

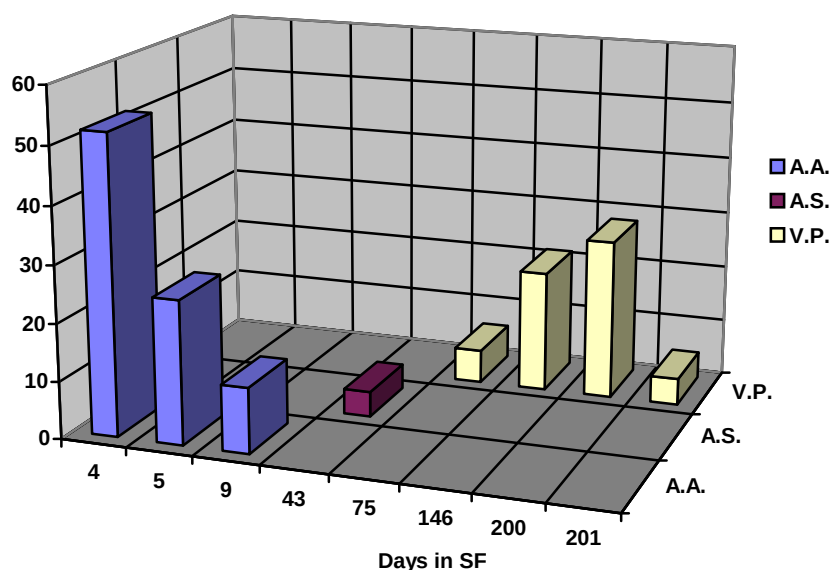


Fig. 2. SEC during space flight for cosmonauts A.A., A.S. and V.P.

Table 1. The different sleep stages from the different flight phases for 4 cosmonauts

Cosmonaut	Reg. time	Alertness	Lat. time	REM	SS (I+II)	DS (III+IV)	K ₁ П/Д	K ₂ П/Р	K ₃ Д/Р	SEC
A.A.	90 d. before	13.9	6	26.2	234.89	338.42	0.69	10.32	12.91	46.05
A.A.	32 d. before	69.4	18	22.75	249	186.66	1.33	10.94	8.20	7.97
A.A.	5 d. before	3.08	4	40.05	157.18	249.62	0.63	3.92	6.23	98.81
A.A.	4 d. before	9.4	2	23.56	117.84	344.13	0.342	5	14.6	73.60
K.S.	5 d. before	3.24	20	47.23	97.71	27.28	0.358	2.068	5.776	29.85
K.S.	4 d. before	1.85	7	23.11	195.49	245.02	0.797	8.46	10.60	80.23
V.S.	before flight	28.8	18	31.8	183.3	56.1	3.26	5.76	1.76	7.60
V.P.	before flight	40	9	6	87	56	1.55	14.5	9.33	5
A.A.	4 d. in SF	6.56	11	72.2	122.48	356.67	0.343	1.696	4.94	52.08
A.A.	5 d. in SF	22	10	85	49	323	0.152	0.58	3.8	25.06
A.A.	9 d. in SF	48.54	5	0	69.93	246.33	0.283	-----	-----	11.41
A.S.	43 d. in SF	89.46	30	9.24	215.04	106.26	2.024	23.27	11.5	4.40
V.P.	4 d. in SF	23	3	48	162	204	0.79	3.37	4.25	24.65
V.P.	75 d. in SF	67	17	71	144	95	1.51	2.028	1.34	5.82
V.P.	146 d. in SF	23	10	103	91	240	0.38	0.88	2.33	21.66
V.P.	200 d. in SF	19	11	78	125	310	0.40	1.60	3.97	28.06
V.P.	201 d. in SF	86	40	64	67	209	0.32	1.046	3.26	4.67
A.A.	1 d. after	12	2	15.42	68.29	204.24	0.334	4.43	13.24	40.81

REM phase was significantly changed in quantity and structure. It diminished up to total disappearance in some cases. It affected SEC values and especially the values of the coefficients K₂ and K₃. It was registered at initial registrations lengthening of deep sleep but slow sleep decreased at the end of the flight and during the flights with several month duration. These changes influenced on the sleep coefficients calculated and sleep efficiency. Sleep efficiency is comparatively well preserved under space flight sojourn (Fig. 2).

However the stay duration and individual astronauts' features can have influence on the sleep efficiency preserving. Fig. 2 represents graphical values of SEC for cosmonaut A.A. for 3rd, 4th and 8th SF day; for A.S. for 43rd SF day and for V.P. for 1st, 3rd, 5th and 7th SF month. It can be seen in the figure that sleep efficiency was better preserved during short stay in SF and gradually decreased with the increase of the flight duration and it is less than 5 at the end of the 8th month of the V.P.'s flight (Table 1). The table shows the values of all coefficients and SEC for different cosmonauts and flights with different duration. The quantity of different stages is also shown – alertness, superficial sleep, deep sleep, REM for different flights.

Discussion and Conclusions

The investigations performed revealed that human can sleep enough even under quite unusual and tough extreme conditions as microgravity as well as to keep sleep efficiency. It is too important under human exhausting conditions. Depleting extreme influences often lead to significant shortening of sleep latent period. Significant parameters from so called inside sleep structure (sleep organization) were changed and it might affect on the following adaptive processes course, recovering, balance in the cyclic recurrence in human organism and disturbance of chrono-biological rhythm [Drucker-Colin, 1981; Drucker-Colin and Valverde, 1982].

The short latent period of the total sleep in part of the cases is indicative of the increased necessity of sleep under exhausting extreme conditions. Preserved SEC in most of the cases shows the increased necessity of deep sleep production namely at which organism energy-recovering processes are performed. It is known that the more exhausting conditions of the respective extreme environment are the more energy spending is larger and the necessity of recovering is higher. It reflects in the lengthening and fast occurrence of deep sleep. The possibility for deep sleep production is an evidence for spare mechanisms use turned on during constructive phase of the stress endured. However the lengthening of the latent period for the deep sleep (up to 120 minutes and more in some cases) especially at the end of the stay under extreme environment is a proof of exhausting the adaptive brain mechanisms responsible for that important sleep phase production.

REM-sleep is the time at which events experienced are balanced and accumulated redundant information is reduced. Exactly REM is related to regulation of the relationships excitement/retention processes [Stock, 1982]. REM-sleep not only appeared slowly and with difficulty in the total sleep time but it was also significantly decreased in quantity under extreme conditions applied by us. It is one of the serious indicators for occurrence of disadaptation changes in organism.

The study of sleep efficiency is an important auxiliary method which can be used for prove of the sufficient sleep completion under extreme conditions and its use is undeservedly neglected. Preservation of high efficiency and normal ratio between different sleep stages is a security for better general condition and higher degree of work capacity [Поляков, 1994]. It is possible in that way by means of different sleep coefficients fast and accurate appraisal of the general state to be made and to forecast future dangerous and undesirable physiological deviations.

Preserved production of deep sleep in SF is most probable to be related to the needed increased energy synthesis because the work of the astronaut is related to expending of large quantity energy reserves [West, 1997].

SEC kept values larger than 10 for almost all of the investigations which is an indicator for the lack of neurotic deviations (Stock, 1982).

The lengthening of latent times of different stages as well as the changes in sleep coefficients and decreased sleep efficiency are related to lower work capacity of astronauts. They are also indicative for the beginning of disadaptation changes, make worse the general condition and influence on the velocity and quality of psycho-physiological tests and tasks performed. That is why the shortened latent periods of the different sleep stages as well as optimum values of sleep coefficients and SEC for A.A. are regarded as especially favorable and they are indicator for stable and highly adaptive physiological facts for him. The appearance of unexplained weariness is an important sign for sleep inferiority. It feels quite tangibly under microgravity conditions. The weariness unifies a set of factors appeared as a consequence of decreased living capacity (Connor, 1985). The relationship between the lost of sleep or its inferiority and appearance of weariness is categorically proved. That fact is especially actual when means for sleep improvement are looked for. Medicaments use for improving the sleep at space flights is not exception and it has been applied in a lot of cases. However the possibility that soporific can affect the attention, concentration, reaction time, which is emphatically undesirable under these conditions, should be considered.

REM-phase of the sleep is related to information processes and memory functions of the brain (Stock, 1982). Repression of that sleep stage can lead to neurotic manifestation development and increase of the psychic strain during alertness time. The opposite is also valid – if there was emotional stress during daily engagements (parachute jumping, exams) then significant decrease of REM sleep in EEG registrations was established (Dincheva and Tsaneva, 1982).

Namely because of these reasons sleep preserving under space conditions is especially important for the prolonged flights. Appearance of disadaptation and exhaustion found in sleep parameters including SEC values limit the comfort of the prolonged sojourn. That is why the efforts directed toward keeping normal in organization and structure sleep in SF are justifiable.

Acknowledgment

This study was supported by National Science Fund of Bulgaria under contract NIP L-1530/05.

Reference

1. D r u c k e r – C o l i n R., C. Valverde. Endocrine and Peptide Functions in the Sleep-Waking Cycle, in Current Topics in Neuroendocrinology, Editors: D.Ganten and D. Pfaff, p. 37-81, Springer-Verlag, 1982.
2. S i n t o n S., M. J o u v e t. Paradoxical sleep and coping with environmental change, Behav. Brain Res. Vol.9, 1983, p.151-163.
3. Д у н е в С. С. Портативное устройство для длительной записи биосигналов, Сб. Материалов XVIII сов. Интеркосмос, Гагра, 1985, стр.40 (in Russian).
4. В е й н А.М., К. Х е х т, Сон человека, Изд. Медицина, М, 1989г., 269 стр. (in Russian).
5. D r u c k e r – C o l i n R., Endogenous Sleep Peptides, Psychopharm. of Sleep, Ed. by D.Wheatley, Raven Press, N.Y. 1981, 53-72.
6. S t o c k G. Neurobiology of REM Sleep. A possible Role for Dopamine. In: Sleep: Clinical and Exper. Aspects; Ed. D.Ganted and D.Pfaff; Springer-Verlag; 1982, pp. 1-37.
7. П о л я к о в В.В., Сон в условиях космического полета, Авиокосм.мед., т.1, 1994г. 4 - 6. (in Russian).
8. W e s t J.B. Space; In: The lung. Ed.R.G.Grystal, J.B.West et al.Philadelphphia, 1997, p. 2677-2686.
9. C o n n o r M.M., A.A. H a r r i s o n, F.R. A k i n s, Living aloft: human requirements for extended spaceflight. Washington, DC;NASA Sci.and Techn. Inform.Branch, 1985, 123-42.
10. D i n c h e v a E.G., N.N. T s a n e v a, EEG changes in sleep upon emotional stress. Compt. Rend. de l, Acad. Bulg. des Sci., 35, 1982, N 8, 993-996.

INVESTIGATION OF HUMAN SENSITIVITY TOWARDS GEOMAGNETIC CHANGES

Svetla Dimitrova¹, Irina Stoilova¹, Tamara Breus², Tatyana Zenchenko², Dimitar Maslarov³

¹Solar-Terrestrial Influences Laboratory - Bulgarian Academy of Sciences

²Space Research Institute - Russian Academy of Sciences

³I-st MHAT - Sofia

e-mail: svetla_stil@abv.bg

Key words: physiological parameters; solar activity; geomagnetic field

Abstract: Arterial blood pressure and heart rate of healthy volunteers in Sofia and cardiologic patients with anti-hypertension therapy in Moscow were examined. MANOVA was applied to check the significance of the effect of geomagnetic activity indices on the physiological parameters. Arterial blood pressure and pulse pressure were found to increase statistically significantly with the increase of geomagnetic activity level for the healthy patients. It was obtained significant increment of arterial blood pressure and heart rate for patients with cardio-vascular diseases. The results revealed a higher sensitivity to geomagnetic activity for females than males in both groups examined.

Introduction

Our teams have been studying medico-biological effects of solar activity during the last years. Our investigations revealed influence of geomagnetic activity (GMA) on human physiological and psycho-physiological state (Dimitrova et al., 2004; Breus and Rapoport, 2003). It was the reason to join our efforts and perform similar examinations at different latitudes and geographical regions. Results presented in that paper were obtained from a collaborative study between Solar-Terrestrial Influences Laboratory at the Bulgarian Academy of Sciences and Space Research Institute at the Russian Academy of Sciences.

Material and methods

Data were obtained in 86 healthy volunteers examined in Sofia. Systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and heart rate (HR) were measured. Pulse pressure (PP) was calculated (it is the algebraic difference of SBP and DBP). Recording of physiological parameters was performed on every working in the autumn of 2001 and in the spring of 2002 at one and the same day time for each person. Altogether 2799 registrations for each of the physiological parameters examined were gathered.

Analogical data were obtained in 33 patients with diagnose hypertension through 3-months arterial blood pressure (ABP) and HR monitoring in Cardiologic Clinic in Moscow during the period 2001-2003. Altogether 5694 registrations were collected. Patients were on a medication treatment. Registrations were performed twice per a day in series of several measurements in the morning and in the evening (interval between the measurements in each of the series was several minutes). The average values of ABP and HR were calculated for each measurement series.

Data about GMA (Ap-index and hourly Dst-index) were got from Internet (<http://swdcd.db.kugi.kyoto-u.ac.jp/>). GMA was divided into five levels, which are shown in Table 1 and 2.

MANOVA (in the paper presented two-factorial analyses of variance) was performed to establish statistical significance of the influence of GMA indices on ABP and HR having in mind the gender of the persons in the groups examined.

Table 1. Ap-index levels

Ap level	1	2	3	4	5
Ap value	Ap<15	15≤Ap< 30	30≤Ap<50	50≤Ap<100	Ap≥100

Table 2. Dst-index levels

Dst level	1	2	3	4	5
Dst, nT	Dst>-20	-50<Dst≤ -20	-100<Dst≤-50	-150<Dst≤-100	Dst≤-150

Results

1. MANOVA (two-factorial analysis of variance) for healthy persons examined in Sofia.

1. 1. Factors hourly Dst-index and gender

Table 3 shows significance levels p of main effect and interaction effect for the factors investigated (hourly Dst-index and gender) on the physiological parameters (SBP, DBP, PP and HR) of healthy persons examined in Sofia.

Table 3. Significance levels (p -values) of the main effect and interaction effect for the factors investigated (Gender and GMA, estimated by hourly Dst-index) on the physiological parameters of healthy persons registered in Sofia

Effect (main and interaction effect for the factors)	p			
	SBP	DBP	PP	HR
Dst	0.000*	0.000*	0.024*	0.440
Gender	0.000*	0.001*	0.000*	0.001*
Dst*Gender	0.079	0.117	0.296	0.896

* - statistically significant result

The main effect for Dst-index on SBP, DBP and PP was statistically significant (Table 3). The average value of ABP of the group increased with the decrease of Dst-index values (Fig. 1). The maximal growth for both SBP and DBP was 9.4%. PP also increased (Fig. 2) and the increment was 9.5%. HR of the group increased too (Fig. 2) but the values was not statistically significant (Table 3). The maximal range of changes of that physiological parameter for the group was only 2.5% (Fig. 2).

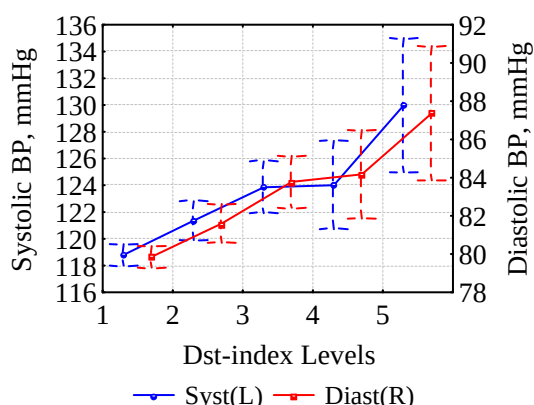


Fig. 1. Main effect for factor Dst-index on SBP and DBP

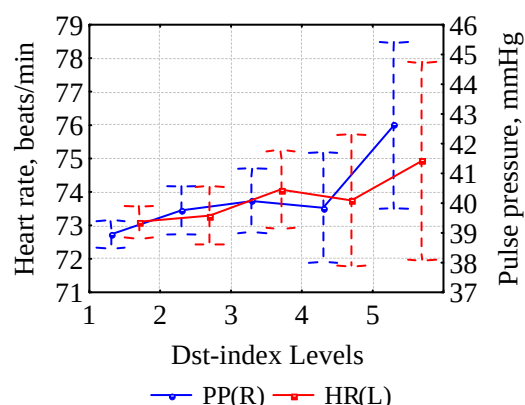


Fig. 2. Main effect for factor Dst-index on PP and HR

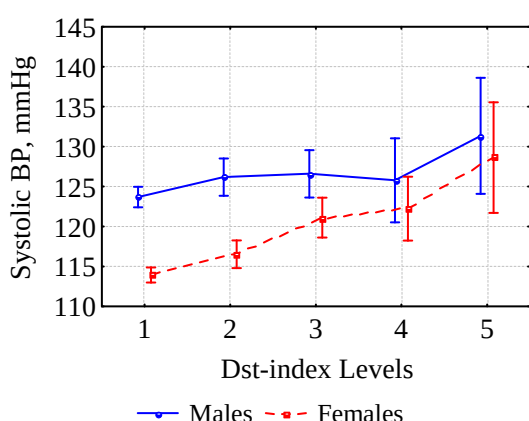


Fig. 3. Two-way interaction effect for factors Dst-index and gender on SBP

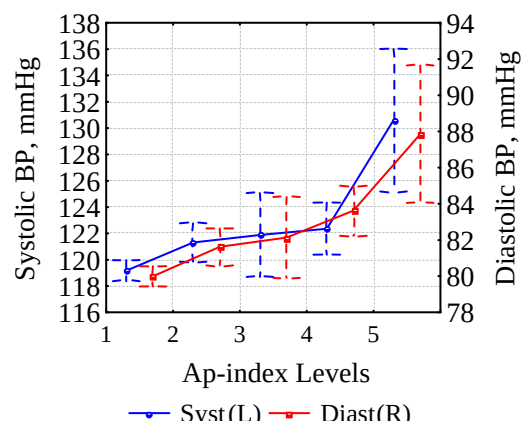


Fig. 4. Main effect for factor Ap-index on SBP and DBP

Two-way interaction effect for factors Dst-index and gender revealed a trend SBP and DBP of males and females to react in a different way at GMA increment (Table 3). It was established that females' SBP reacted more expressively to GMA increase than male's SBP. Females' SBP increased with 12.9% while male's SBP with 6.2% (Fig. 3). For DBP the respective values were 11.3% and 7.6%, for PP 16.3% and 3.3% and for HR 0.6% and 4.5%.

1. 2. Factors Ap-index and gender

Table 4 shows significance levels p of main effect and interaction effect for the factors investigated (Ap-index and gender) on the physiological parameters (SBP, DBP, PP and HR) of healthy persons examined in Sofia.

Table 4. Significance levels (p -values) of the main effect and interaction effect for the factors investigated (Gender and GMA, estimated by Ap-index) on the physiological parameters of healthy persons registered in Sofia

Effect (main and interaction effect for the factors)	p			
	SBP	DBP	PP	HR
Ap	0.000*	0.000*	0.112	0.623
Gender	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*
Ap*Gender	0.738	0.845	0.555	0.911

* - statistically significant result

The main effect for factor Ap-index on SBP and DBP of the group was statistically significant (Table 4). ABP of the group increased with the increment of GMA and the sharpest increase was during severe geomagnetic storms (Fig. 4). The maximal growth for SBP was 9.6% and for DBP 9.8%. PP increased with 9.1% at 5th GMA level in comparison with 1st GMA level (Fig. 5). Statistically significant change in HR of the group examined was not established under planetary GMA changes. HR increased with GMA increment but the largest variations of HR were only 2.3% (Fig. 5).

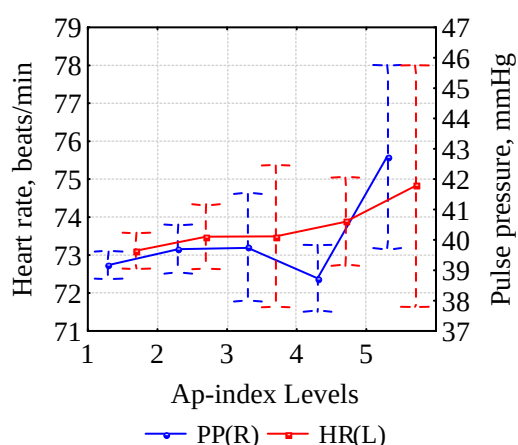


Fig. 5. Main effect for factor Ap-index on PP and HR

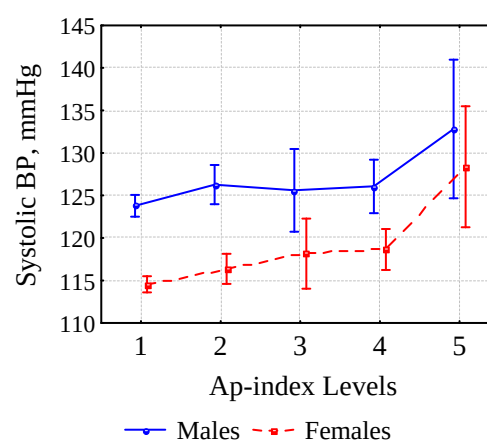


Fig. 6. Two-way interaction effect for factors Ap-index and gender on SBP

Although two-way interaction effect for factors Ap-index and gender on the physiological parameters was not statistically significant (Table 4), it was established that females were probably more sensitive to GMA increment in comparison to males. Females increased SBP with 12.1% (Fig. 6), DBP with 10.7% and PP with 14.8% while males respectively with 7.3%, 9% and 3.9%.

2. MANOVA (two-factorial analysis of variance) for cardiologic patients examined in Moscow

2. 1. Factors hourly Dst-index and gender

Table 5 shows significance levels p of main effect and interaction effect for the factors investigated (Dst-index and gender) on the physiological parameters (SBP, DBP, PP and HR) of persons with hypertension examined in Moscow.

The main effect for Dst-index was statistically significant only on DBP (Table 5). The mean value of ABP of the group increased with the decrease of Dst-index values up to 4th GMA level. At 5th GMA level ABP decreased. The maximal increment for SBP was 3% and for DBP 4% (Fig. 7). PP of cardiologic patients decreased and the maximal range of changes was 5.4% (Fig. 8). HR was not statistically significantly changed (Table 5) however patients with hypertension increased that physiological parameter during severe geomagnetic storms and in comparison with 1st GMA level the increment was 4.7% (Fig. 8).

Table 5. Significance levels (p -values) of the main effect and interaction effect for the factors investigated (Gender and GMA, estimated by hourly Dst-index) on the physiological parameters of cardiologic patients recorded in Moscow

Effect (main and interaction effect for the factors)	p			
	SBP	DBP	PP	HR
Dst	0.143	0.000*	0.926	0.292
Gender	0.000*	0.001*	0.000*	0.001*
Dst*Gender	0.000*	0.000*	0.042*	0.003*

* - statistically significant result

Two-way interaction effect for factors Dst-index and gender revealed statistically significant influence on all of the physiological parameters examined (Table 5). It suggests that males and females reacted in a different way to geomagnetic changes. It was established that females were probably more sensitive at GMA increase than males. The maximal range of changes for females' SBP was 5% while for male's SBP 2.8%. For DBP the respective values were 7.3% and 2.6%. There was a distinguished increment of HR for females at severe geomagnetic storms with 11.1% (Fig. 9).

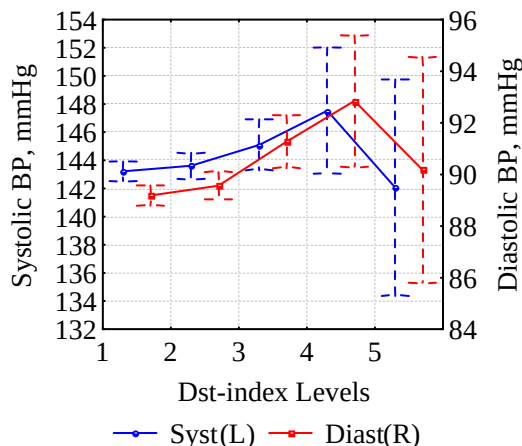


Fig. 7. Main effect for factor Dst-index on SBP and DBP

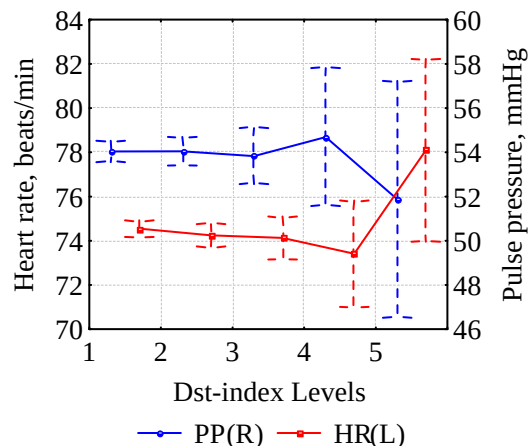


Fig. 8. Main effect for factor Dst-index on PP and HR

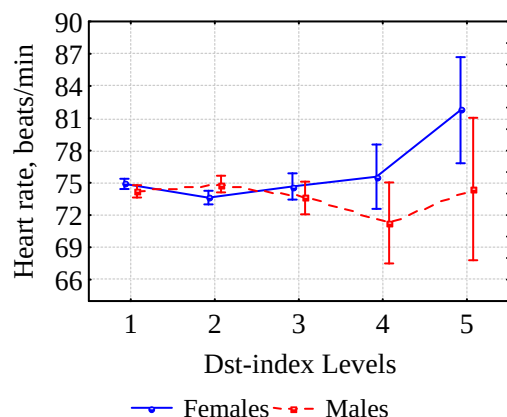


Fig. 9. Two-way interaction effect for factors Dst-index and gender on HR

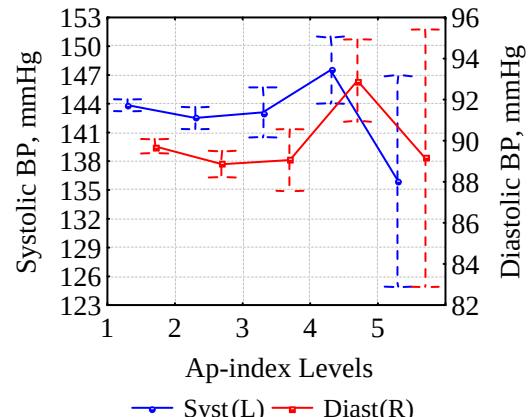


Fig. 10. Main effect for factor Ap-index on SBP and DBP

2. 2. Factors Ap-index and gender

Table 6 shows significance levels p of main effect and interaction effect for the factors investigated (Ap-index and gender) on the physiological parameters (SBP, DBP, PP and HR) of persons with hypertension examined in Moscow.

Table 6. Significance levels (p -values) of the main effect and interaction effect for the factors investigated (Gender and GMA, estimated by Ap-index) on the physiological parameters of cardiologic patients recorded in Moscow

Effect (main and interaction effect for the factors)	p			
	SBP	DBP	PP	HR
Ap	0.028*	0.002*	0.316	0.027*
Gender	0.212	0.046*	0.873	0.893
Ap*Gender	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*

* - statistically significant result

The main effect for factor Ap-index on SBP, DBP and HR of the group was statistically significant (Table 6). The sharpest increase of ABP was during major geomagnetic storms (Fig. 10). The maximal growth for SBP was 2.5% and for DBP 3.6%. PP decreased with 17% at 5th GMA level (Fig. 11). HR of the persons with hypertension increased at 5th GMA level in comparison with 1st GMA level with 9.7% (Fig. 11).

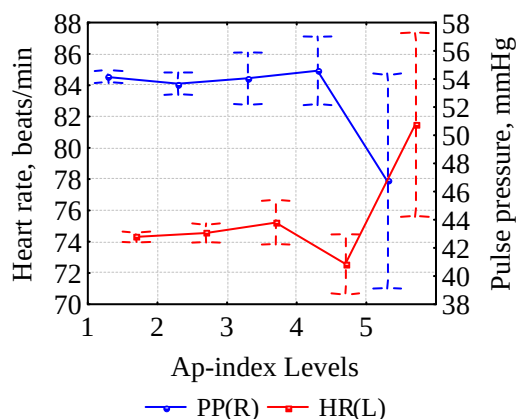


Fig. 11. Main effect for factor Ap-index on PP and HR

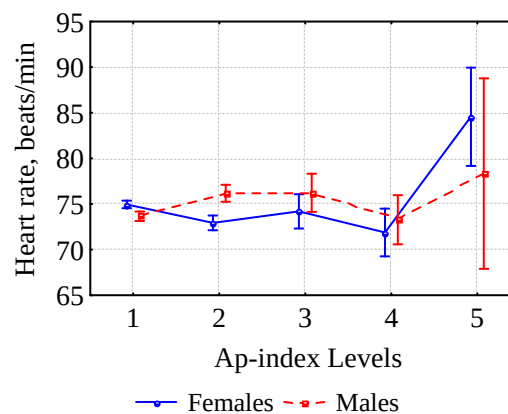


Fig. 12. Two-way interaction effect for factors Ap-index and gender on HR

Two-way interaction effect for factors Ap-index and gender on the physiological parameters of cardiologic patients was statistically significant (Table 6). The maximal range of variations for females' DBP was 7.4% and for male's DBP 5%. For SBP the respective values were 6.7% and 19.5% and for HR respectively 12.8% and 6.2% (Fig. 12).

Discussion and conclusion

We have tried to compare the results about investigation of geomagnetic changes influence on physiological state of healthy persons and patients with anti-hypertension therapy having in mind gender.

ABP and PP were found to increase statistically significantly with the increase of GMA level for the healthy patients.

It was obtained significant increment of ABP and HR for cardiologic patients but in some cases at the largest geomagnetic field changes the reaction of ABP increment was not manifested in that way. HR changes confirm the setting in a misbalance in vegetative effect on cardiac activity and a higher sensitivity is observed for the part of simpaticus system (Breus and Rapoport, 2003).

Analyzing the results obtained we have in mind that each extreme influence which exceeds the threshold of physiological adaptation causes pressure in physiological reactions up to stress. Thus the stress may be a physiological network that helps for coordination of the dynamic equilibrium of the organism (Stratakis and Chrousos, 1995). The threshold for involving a stress-reaction for healthy persons is significantly higher while for persons with pathologic deviations is significantly reduced and a tear down of adaptation mechanisms is set in (Vediaev and Vorobiova, 1983). It is quite possible that this is the explanation of the decrease observed in ABP at 5th GMA level. It can be due also to the small number of measurements at that level or the persons examined had already lost their abilities to react adequately to the increased environmental requirements.

The more expressed reactions of females' physiological parameters in comparison with males' to GMA increase revealed a higher sensitivity for females in both groups examined. It is known that females are more emotionally dependent which is often presented through more distinguished and faster reaction to external irritating factors. However males' reaction although in a lower degree often is kept for a longer period of time (Dimitrova, 2004).

It can be summarized from the analyses of the results about PP that for healthy persons the increase of PP is due to the larger SBP increment. Probably as a result of the treatment applied for cardiologic patients SBP reaction to GMA changes is weaker and the increment of DBP contributed for the decrease of PP. In that sense the treatment applied turns to be more effective for SBP.

More investigations are needed to confirm the results obtained.

Acknowledgment

The investigations were performed according to the Joint Research Project between STIL-BAS, Sofia and SRI-RAS, Moscow, 11.01.05.

This study was partially supported by National Science Fund of Bulgaria under contract NIP L-1530/05.

We thankfully acknowledge the contribution of volunteers who participated in the examinations.

References

1. Dimitrova S., I. Stoilova, I. Cholakov. 2004, Influence of local geomagnetic storms on arterial blood pressure, *Bioelectromagnetics*, 25(6), p. 408-414.

2. B r e u s T.K., S.I. R a p o p o r t. 2003, Magnetic storms – medico-biological and helio-physical aspects. Moscow "Sov. Sport", p. 192.
3. S t r a t a k i s C.A., G.P. C h r o u s o s. 1995, Neuro-endocrinology and patho-physiology of the stress system. In: Stress, basic mechanisms and clinical implications. The NY Acad. of Sci. NY, p. 1-18.
4. V e d i a e v F.P., T.M. V o r o b i o v a. 1983, Models and mechanisms of emotional stresses. Kiev, "Zdorovia", 135 p.
5. D i m i t r o v a S. 2004, Influence of geomagnetic disturbances of solar origin on some human physiological and subjective parameters, PhD thesis, STIL-BAS.

EFFECT OF OXYGEN DEFICIENCY ON GROWTH COMPONENTS OF LETTUCE DURING GROUND BASED EXPERIMENT IN SVET-2 SPACE GREENHOUSE

Iliana Ilieva¹, Rumyana Dikova², Tania Ivanova¹, Snejana Doncheva²

¹Space Research Institute, Bulgarian Academy of Sciences

²Institute of Plant Physiology, Bulgarian Academy of Sciences,
e-mail: iliana_ilieva@space.bas.bg

ВЛИЯНИЕ НА НЕДОСТИГА НА КИСЛОРОД ВЪРХУ РАСТЕЖА НА САЛАТЕНИ РАСТЕНИЯ ПРИ НАЗЕМЕН ЕКСПЕРИМЕНТ В КОСМИЧЕСКА ОРАНЖЕРИЯ СВЕТ-2

Илияна Илиева¹, Румяна Дикова², Таня Иванова¹, Снежана Дончева²

¹Институт за космически изследвания, Българска академия на науките

²Институт по физиология на растенията, Българска академия на науките
e-mail: iliana_ilieva@space.bas.bg

Ключови думи: Космическа оранжерия СВЕТ-2, преовлажняване на субстратната среда, салатени растения, растежни показатели, фотосинтеза

Резюме: Салатени растения (*Lactuca sativa* L. var Lolo Rosa) бяха отглеждани в лабораторния образец на Космическа оранжерия СВЕТ-2 върху субстрат Балканин при контролируеми условия. На 21-ден от тяхното развитие растенията бяха подложени на 10-дневна преовлажняване на субстратната среда, последвано от 10-дневен възстановителен период. Чрез преовлажняването на субстрата бяха създадени условия, с които се имитира специфичното прекъсване на въздухоносните пори в субстратната среда в микрогравитация, възникващо вследствие на променената физика на флуидите и проблемите при управлението на влажността в субстратната среда в космически условия. По време на преовлажнявателния и възстановителния периоди бяха взети проби за определяне на растежните параметри на растенията, съдържанието на хлорофил и интензивността на фотосинтезата.

По време на преовлажняването нарастването на растенията на височина и натрупването на свежа биомаса бяха значително инхибирани. През възстановителния период растенията увеличиха височината си и натрупаната биомаса в сравнение със същите, измерени през периода на преовлажняване, но в края на възстановителния период натрупаната от тях биомаса беше с 4 пъти по-малка от тази на непреовлажнените растения. Интензивността на фотосинтезата се понижи с 75% при преовлажнените растения в сравнение с непреовлажнените, а съдържанието на хлорофил в листата на растенията намалю с 29% в хода на преовлажняването. В процеса на възстановяване тези показатели бяха намалени съответно с 30% и 15%.

Получените от нас резултати показаха, че преовлажняването забавя развитието на салатените растения и оказва влияние върху добива им. Установените от нас изменения обаче са обратими и след прекратяване на преовлажняването, растенията възстановиха фотосинтетичната си активност, биосинтезата на хлорофил и растежа си.

Увод

Осигуряването на нормални условия за живот на екипажите при продължителни мисии в открития космос изисква изграждането на изкуствени екосистеми на борда на космическите кораби и станции, които имат способността да се саморегенерират – т.е. да пречистват въздуха и водата, и да осигуряват храна за космонавтите. Основното звено в тези изкуствени живот-поддържащи системи са растенията. През последните близо 20 години са конструирани различни типове космически оранжерии и в тях са проведени експерименти с различни растения на борда на руската Орбитална станция МИР, на американските совалки и в днешни дни на Международната космическа станция [1].

В използваните космически оранжерии конструктивно са обособени две зони – листна зона, в която се развива надземната част на растенията и коренова зона, в която се развиват корените. Микрогравитацията е уникална среда, която оказва влияние върху процесите протичащи в тези две

зони, като предизвиква много характерни само за микрогравитацията проблеми. Проблемите в листната зона са свързани с липсата на конвекция, което налага изкуствената циркулация на въздушната среда, с поддържането на оптимална за растенията влажност и температура на въздуха и наличието на вредни за растенията примеси във въздуха като например етилен. Повечето от тези проблеми са намерили своето техническо решение, създадени са и нови сортове растения устойчиви на етилен. Проблемите, обаче, възникващи в кореновата зона и до днес не са решени. Поради липсата на естествена конвекция аерацията на субстратната среда е затруднена и се осъществява чрез дифузия на въздуха през перфорациите на кореновия модул. Подадената вода се разпространява посредством капилярни сили в обема на субстрата, като придвижвайки се може да образува менискуси между две съседни субстратни частички и по този начин да прекъсне разпространението на въздуха в субстратната среда и да предизвика недостиг на кислород в кореновата система на растенията [2]. Допълнително, кислородното съдържание в субстратната среда може да бъде понижено, от повишаване на водното съдържание, вследствие на проблеми с управлението на влажността в средата [3]. Съдържанието на кислород в субстратната среда все повече намалява, тъй като дифузията на газ във вода е 10 000 пъти по-бавна отколкото на газ в газ.

Признаци за недостиг на кислород в кореновата система на растенията в микрогравитация са наблюдавани при различни растения, отгледани в различни конструкции космически оранжерии, изразяващи се в индукция на ферментативни ензими в корените на растенията [4] и натрупване на въглехидрати в надземната част на растенията [5].

В лабораторни условия недостиг на кислород в кореновата среда на растенията се постига, чрез преовлажняване на субстратната среда, при което водата измества въздуха от въздухоносните пори на субстрата. В лабораторния образец на Космическа оранжерия СВЕТ-2 беше проведен наземен експеримент с цел да бъде изследвано в динамика влиянието на недостига на кислород в кореновата система на салатни растенията, постигнат чрез преовлажняване на субстратната среда и влиянието на последващото реоксигениране (възстановяване достъпа на кислород в кореновата среда) върху растежните параметри, съдържанието на хлорофил в листата и интензивността на фотосинтезата на салатните растения.

Методи и материали

Постановка на експеримента

Експериментът беше проведен в лабораторния образец на Космическа оранжерия СВЕТ-2 (КО СВЕТ-2). КО СВЕТ-2 се състои от Камера за отглеждане на растенията (КОР) и Блок за управление (БУ). В КОР са обособени две зони – листна зона в която са разположени Блок за осветление (БО) и сензорите за мониторинг на параметрите на въздушната среда – налягане, температура и влажност на въздуха, осветеност и скорост на въздушният поток [6]. В кореновата зона е разположен Кореновият модул (КМ), състоящ се от две Касети (К-1 и К-2). Влажността на субстрата – средата в която се посадят семената и се развиват корените, се поддържа автоматично от сензор за влажност по един за всяка от Касетите, който може да поддържа влажност в диапазона от 0 (въздушно сух субстрат) до пълно преовлажняване на субстрата.

След първоначално овлажняване на субстрата семената на салата (*Lactuca sativa* L. cv. Lolo Rossa) бяха посадени на дълбочина 1 cm във всяка от лехите на КМ. Салатните растения бяха отгледани паралелно и в двете Касети като надземните им части се намираха при едни и същи условия докато корените им бяха подложени на различни условия. Надземната част на растенията беше отгледана при следните условия: температура на въздуха - 20-22°C, Фотосинтетичен фотонен поток - 120 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, 16/8 h фото период и 0,055 m/s скорост на въздушният поток преминаващ през КОР. Корените на растенията бяха отгледани в субстрат Балканин с големина на частиците 1-1,5 mm и при влажност на субстрата както следва: първоначално растенията във К-1 бяха отгледани при частично заблатяване на субстратната среда, което беше постигнато чрез поставянето на системата за подаване на вода в центъра на Касетата; подаваната вода се оттичаше към дъното на Касетата под въздействието на гравитацията, а след това посредством капилярните сили се придвижваше към горните слоеве на субстрата до посадените семена. На 21-ия ден от развитието си растенията бяха подложени на десетдневно преовлажняване – заблатяване на субстратната среда до повърхността на Касетата. Нивото на водата до повърхността на субстрата беше поддържано автоматично като беше зададен най-високият възможен за автоматично управление праг на влажност – 95%. След десетдневно преовлажняване растенията бяха оставени да усвоят излишната вода чрез понижаване на прага на влажност до нивото преди преовлажняването, като по този начин кореновата система беше плавено реоксигенирана (достъпа на кислород до корените беше възстановен) и в продължение на десет дни растенията бяха възстановени при първоначалните условия на отглеждане.

Растения в К-2 бяха отгледани при условия на оптимална влажност за развитието на кореновата система – пълна почвена влагоемкост. Хидросистемата беше поставена в горната част на Касетата – на 1 cm под покривния капак. При това положение подадената вода равномерно омокряше субстрата

от горе надолу и се стичаше към дъното на Касетата. В резултат се получи равномерно омокряне на субстрата, без да се образува зона с повишено водно съдържание на дъното на К-2. Растенията в К-2 бяха отгледани при тези условия до края на експеримента.

Анализ на растителния материал

Растения и от двете Касети бяха взети на третия и десетия ден от Преовлажняването и на третия и десетия ден от Възстановяването за определяне на височината на растенията, синтезираната свежа и суха биомаса, съдържанието на хлорофил а+b и интензивността на фотосинтезата.

Височината на растенията беше измерена с линия. На взетите растения беше измерено теглото на свежата биомаса, а след това пробите бяха изсушени в сушилня при температура 105°C до постоянно тегло за определяне на съдържанието на сухо вещество в растенията. Съдържанието на хлорофил а+b беше определено по метода на Arnon [7]. Интензивността на фотосинтезата беше измерена с портативната газ-анализираща система LiCor-6400 (Li-Cor, Lincoln, NE, USA). Съдържанието на хлорофил а+b и интензивността на фотосинтезата по време на Преовлажняването бяха определени на трети напълно развит лист на растенията. Тъй като по време на Преовлажняването възникна преждевременно остаряване и окапване на долните етажи от листа на растения измерванията за хлорофил а+b и интензивността на фотосинтезата при Възстановяването бяха направени на четвърти напълно развит лист.

Резултати

Растеж на растенията

Преовлажняването преустанови нарастването на височина на растенията. Тридневното възстановяване на притока на кислород в кореновата зона също не поднови нарастването на височина, но след десетдневен възстановителен период растенията нараснаха на височина с 28% в сравнение с периода на десетдневно преовлажняване и почти достигнаха височината на непреовлажнените растения - фиг.1. Листната площ на преовлажнените растения намаля по време на третирането, тъй като преовлажняването ускори процесите на остаряване на листата от една страна, а от друга - подтисна образуването на нови листа. За десетдневния период на преовлажняване на субстратната среда първи, втори и трети същински лист изсъхнаха и окапаха, и само един нов лист се образува. В периода на възстановяването тези растежни показатели бързо се възстановиха - фиг.2.

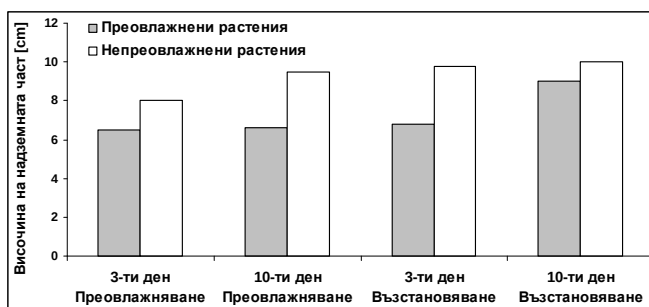
Застой в синтезата на свежа биомаса по време на преовлажняването също беше наблюдаван - фиг.3. Анализите, направени на десетия ден от преовлажняването показаха слабо нарастване на биомасата, но разликата в синтезираната биомаса между преовлажнените и непреовлажнените растения беше 4 пъти. Натрупването на сухо вещество в листата на салатата нарастна значително по време на преовлажняването и бавно намаля по време на възстановяването. След десетдневно преовлажняване съдържанието на сухо вещество в листата на преовлажнените растения се увеличи 1,5 пъти в сравнение с непреовлажнените - фиг.4.

Съдържание на хлорофил а+b в листата на растенията

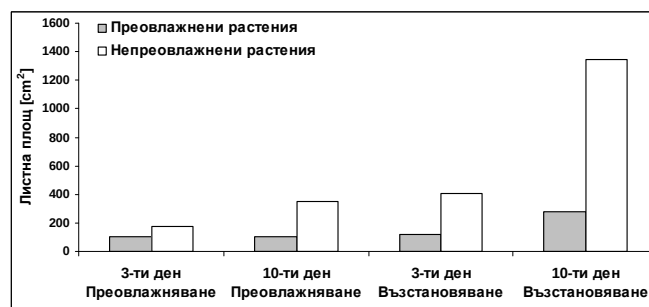
Съдържанието на хлорофил а+b в листата на растенията намаля в хода на преовлажняването и бавно се възстанови с прекратяването му. Тридневното преовлажняване на кореновата система не подтисна синтезата на хлорофил а+b в листата на салатите, но след десетдневно преовлажняване съдържанието на хлорофил а+b в листата на растенията значително се понижи. По време на възстановителния процес биосинтезата на хлорофил а+b бавно се възстанови - фиг.5.

Интензивност на фотосинтезата

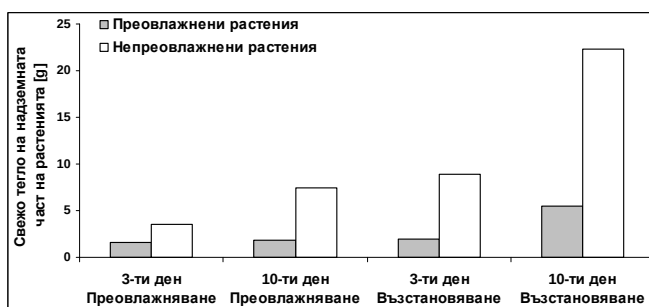
Преовлажняването предизвика бързо намаляване на Интензивността на фотосинтезата (Net photosynthetic rate - Pn). След тридневно преовлажняване беше измерено 52% понижение на Pn, след десетдневно преовлажняване - 75% понижение. След прекратяване на преовлажняването интензивността на фотосинтезата бавно се възстанови - фиг.6.



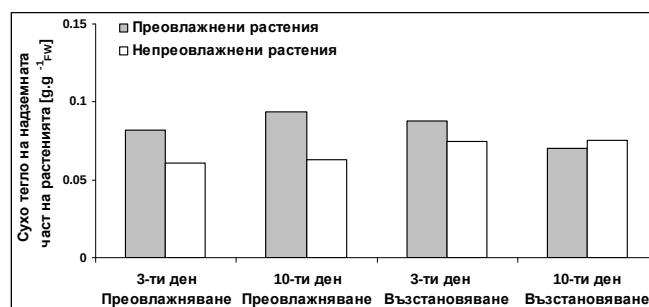
Фиг. 1. Височина на надземната част на растенията



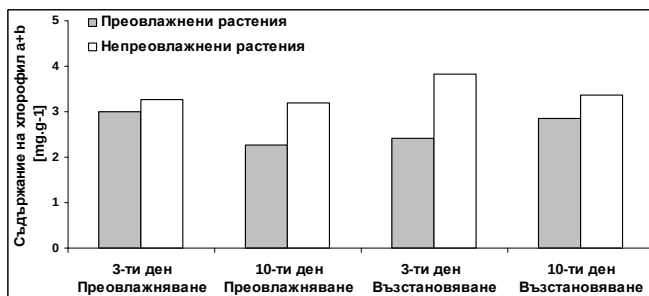
Фиг. 2. Листна площ



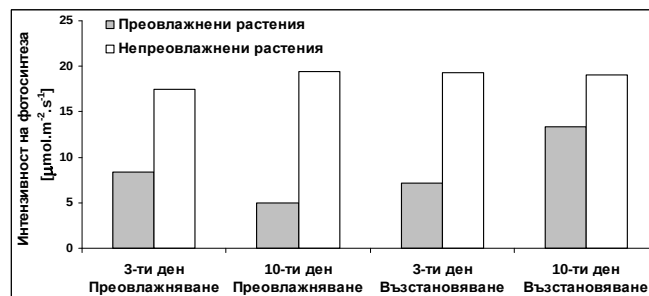
Фиг.3. Свезо тегло на надземната част на растенията



Фиг.4. Сухо тегло на надземната част на растенията



Фиг. 5. Съдържание на хлорофил a+b в листата на растенията



Фиг. 6. Интензивност на фотосинтезата

Дискусия

Преовлажняването подтисна развитието на растенията. Подтискането на растежа може да се отдаде на понижената асимилативна способност на растенията, тъй като преовлажняването доведе до значително понижение на интензивността на фотосинтезата. Последващото бързо нарастване на надземната част на растенията по време на възстановителния период вероятно е стимулирано от натрупания етилен в растението по време на преовлажняването – в малки концентрации етилена подпомага елонгацията на клетките като увеличава чувствителността на растителните тъкани към гиберелиновата киселина [8].

Натрупването на сухо вещество в листата на салатата нарасна значително по време на преовлажняването, предполагайки бавен отток на асимилатите, синтезирани в листата при фотосинтезата към нефункциониращите вследствие на недостига на кислород корени. След прекратяване на преовлажняването, още на третия ден от възстановителния процес, оттокът на асимилатите към корените се възстанови, предполагайки възстановяване на кореновите функции в известна степен [9].

Значително понижение на интензивността на фотосинтезата беше измерено при преовлажнените растения. Това понижение не може да бъде свързано само със затваряне на устицата, тъй като устичната проводимост на преовлажнените растения не се различаваше от тази на преовлажнените. Следователно, понижението може да се дължи на метаболитно инхибиране на фотосинтезата, изразяващо се в акумулиране на асимилатите от фотосинтезата вследствие на неспособността им да бъдат транспортирани до нефункциониращите корени [10]. След плавното реоксигениране на кореновата система в процеса на възстановяването беше измерена по-висока интензивност на фотосинтезата, но сравнена с тази на непреовлажнените растения тя беше с 30% по-слаба. При предишни изследвания също е наблюдавано частично възстановяване на

фотосинтетичната активност след прекратяване на стрес, изразяващ се в недостиг на кислород в кореновата система [11].

Резултатите показаха, че съдържанието на хлорофил a+b в листата на салатите остана непроменено през първите три дни от преовлажняването, но след десетдневна кислородна недостатъчност хлорофилното съдържание се понижи с 29% в сравнение с непреовлажнените растения и бавно се възстанови като остана с 15% по-ниско в сравнение с непреовлажняваните растения в края на преовлажняването.

Резултатите показаха, че преовлажняването забавя развитието на салатените растения и оказва влияние върху добива им, но салатените растения проявиха адаптивност към този вид стрес, изразена чрез способност бързо да възстановяват фотосинтетичната си активност и синтеза на хлорофил след прекратяване на преовлажняването. Вследствие на преовлажняването добивът, изразяващ се в количеството свежа биомаса, която е предназначена за витаминозна добавка към храната на космонавтите при продължителните космически полети беше чувствително понижен. Синтезираната свежа биомаса от растения, подложени макар и само на десетдневно преовлажняване беше 4 пъти по-малко в сравнение с непреовлажняваните растения.

Благодарности

Изследванията са финансирани от Министерството на образованието и науката – Договор КИ-1-01/03. Авторите изказват своята благодарност и на доц. д-р Николина Цветкова за оказаната помощ при измерванията на интензивността на фотосинтезата.

Литература

1. Илиева, И., Т. Иванова, С. Сапунова, П. Костов. Създаване на подходяща среда за развитие на растенията в микрогравитация - технически решения и експериментален опит, Сборник с доклади от Юбилейна научна сесия "90 години авиационно образование в България", Д. Митрополия, 22-23 април 2004.
2. Bingham G., S. Jones, D. Or, I. Podolsky, M. Levinskikh, V. Sytchov, T. Ivanova, P. Kostov, S. Sapunova, I. Dandolo. Microgravity effects on water supply and substrate properties in porous matrix root support systems. Acta Astronautica, 47, 839-848, 2000.
3. Hohn, A., P. Scovazzo, L. Stodieck, J. Clowson, W. Kalinowski, A. Rakow, D. Simmons, A. Heyehga, M. Kliss. Microgravity root zone hydration systems, SAE Technical Paper Series No. 2000-01-2510, 30th International Conferens on Environmental Systems, Toulouse, France, 10-13 July 2000.
4. Porterfield, D., D. Barta, D. Ming, R. Morrow, M. Musgrave. ASTROCULTURE™ root metabolism and cytochemical analysis, Advances in Space Research, 26, 315-318, 2000.
5. Stout, S., D. Porterfield, L. Briarty, A. Kuang, M. Musgrave. Evidence of root zone hypoxia in *Brassica rapa* l. grown in microgravity. International Journal of Plant Science, 162, 249-255, 2001.
6. Ivanova, T., S. Sapunova, P. Kostov, I. Ilieva. Resent Advances in the Development of the SVET Space Greenhouse Equipment. Proceeding of the 2nd International Conference on Resent Advances in Space Technologies RAST 2005, 9-11 June 2005, Istanbul, Turkey, 722-727.
7. Arnon, D. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidases in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24, 1-15, 1949.
8. Raskin, I., H. Kende. Role of gibberellin in the growth response of submerged deep water rice. Plant Physiology, 76, 947-950, 1984.
9. Musgrave M., M. Vanhoy. A growth analysis of waterlogging damage in mung bean (*Phaseolus aureus*). Canadian Journal of Botany, 67, 2391-2395, 1989.
10. Thongbai, P., S. Milroy, M. Bange, G. Rapp, T. Smith. Agronomic responses of cotton to low soil oxygen during waterlogging. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart, 2001
11. Peshki, S. Wetland plant responses to soil flooding. Environmental and Experiment Botany, 46, 299-312, 2001.

SPACE WEATHER EFFECTS STUDIES IN AZERBAIJAN: POTENTIAL IMPACTS ON GEOSPHERE, BIOSPHERE AND PERIODIC COMETS

Elchin Babayev, Arif Hashimov, Ayyub Guliyev, Famil Mustafa,
Peter Shustarev, Abbas Asgarov

Azerbaijan National Academy of Sciences
10, Istiglaliyyat Street, Baku, AZ-1001, the Republic of Azerbaijan
e-mail: ebabayev@yahoo.com

Key words: space weather, power failures, sudden cardiac death, traffic accidents, periodic comets

Abstract. For getting more and better knowledge about the physical links between major space weather sources (solar, geomagnetic and cosmic ray activities) and short- and long-term effects on technical-engineering systems and biosphere, particularly, human life and health state in middle latitudes, we are conducting complex (theoretical, experimental and statistical) space weather studies in the Azerbaijan National Academy of Sciences. Part of main and recently obtained results of these collaborative investigations of potential space weather effects on functioning of power supply systems, sudden cardiac death mortality as well as an influence of changes of heliogeophysical conditions on dynamics of traffic accidents is briefly provided in this review paper. An influence of solar activity on changes of brightness curves of periodic comets 29P/Schwassmann-Wachmann and 1P/Halley is investigated on the basis of data with about 1300 and 5900 estimations of brightness and using improved by authors calculations for visual magnitude of comets.

1. Introduction

According to the US National Space Weather Programme (1995), *space weather* refers to the “conditions on the Sun and in the solar wind, magnetosphere, ionosphere, and thermosphere that can influence the performance and reliability of space-borne and ground-based technological systems and can endanger human life or health”. *Solar* (SA), *geomagnetic* (GMA) and *cosmic ray* (CRA) activities, as major constituents of *space weather*, can impact many different sectors that affect our daily life on the Earth - navigation, communications, GPS and satellites, pipelines, electric power systems as well as human health in space and in the Earth (Jansen et al, 2000; Daglis, 2001; Breus and Rapoport, 2003; Palmer et al, 2006). Technical systems are becoming more sensitive to the space environment and will continue so in the future due to developments in technology such as equipping with electronics, interconnected-nature and miniaturization. Knowledge about the relationship between space weather induced effects and geosphere, particularly, the biosphere and the human health state would allow to get better prepared beforehand for any future space weather event and its deleterious impacts anywhere (Jansen et al, 2000), in any geomagnetic latitudes. Unfortunately, limited comparison of results of investigations on possible effects to technologies and humans from solar and geomagnetic activity exists between studies conducted in high, middle and low latitudes. The importance of the discipline *space weather* (Bothmer and Daglis, 2007) is not only for the future of manned missions in space, but also for the present situation of life on Earth. For a clear understanding of solar, geomagnetic and cosmic ray activities' potential effects on technological, biological and ecological systems, particularly in middle latitudes, we are conducting complex investigations on these problems in the Azerbaijan National Academy of Sciences (Babayev, 2003, 2006a, 2006b). Alongside statistical investigations on the basis of astrophysical, technical and medical-biological data, there are conducted daily medical-physiological experiments in the Laboratory of Heliobiology (founders: Shamakhy Astrophysical Observatory and Medical Center “INAM” in Baku) as well as theoretical studies on the magnetic field in the solar wind, solar activity influence on comets, scintillation of microwave radio-signals, so on. Some recently obtained and selected results of the multidisciplinary and collaborative studies of space weather impacts on above-mentioned systems are briefly described in this paper. Paper includes results of: joint investigations (Ukraine) of space weather effects on electric power distribution and supply systems located in middle latitudes; collaborative studies (Israel) for revealing an influence of the changes in solar, geomagnetic and cosmic ray activities on the sudden cardiac death (SCD) mortality; collaborative studies (Russia) of influence of changes of heliogeophysical conditions on dynamics of the traffic accidents and investigations of solar activity influence on brightness changes of the selected periodical comets.

2. Space weather impacts on electric power supply systems in middle latitudes

Space weather events affect also the power generation and supply network constructed for domestic and industrial use (Kappenman, 2003). Possible relationship between space weather effects (geomagnetic and

solar disturbances) and electric power supply system behavior in ascending, maximum and descending phases of solar cycle 23 is investigated on the basis of daily data for power system behavior and failures in 1994-2006 (data from "Azerenerji" Joint Stock Company) in whole Azerbaijan and daily continuous digital/graphical data in 2002-2006 (data from "Barmek-Azerbaijan" Electricity Network Ltd, currently: "BakielektrikShebeke") in grand Baku area (including the Absheron Peninsula). Used methodic and some relevant details of study could be found in (Kuznetsov et al, 2006; Babayev et al., 2006). Spectral (Fourier), correlation and cross-correlation analyses were applied (software STATISTICA, ver.6, 2001; SPSS, ver.12, 2003). We have considered whole data (so called "non-cleaned") and those of separated as total failures, as well as data with established technical-physical reasons and the rest part (thought affected by space weather and other events). Results and figures are not described in this paper in details because of limitation of paper volume, but some major results are provided below.

Our studies have revealed that:

- number of serious power breakdowns (which can not be explained only with the reason of technical-physical character), sudden power cuts and power line disturbances are significantly increased only during days with severe geomagnetic storms when the geomagnetic field displayed sharp changes (like in October-November 2003 solar extreme events);
- there were registered increased (comparative to relatively quiet days with "usual" technical problems) system failures such as differential phase protection, earth protection failure, sudden relay operations (tripping), voltage drops, saturation of power transformers, reactive power consumption, harmonics, stray flux, overheating, black-out during stormy days;
- those transformers, which are positioned at the corners (or at turning points) of an electrical power distribution system (power lines), suffer more damage from major geomagnetic storm effects;
- the direction of power lines is found to be also significant; the lines in the East-West direction are more influenced than ones in the North-South direction: in our opinion, it could be due to the fact that the induced electric field goes mainly in the East-West direction. Also, long transmission lines carry larger geomagnetically-induced-currents and a high earth resistivity makes the geomagnetically induced geo-electric field values larger;
- the most vulnerable areas from the point of view of supply system and transformer failures are the Absheron Peninsula with capital city Baku having several millions of inhabitants, and coastally located "sea-land boundary" areas. Probably, the Caspian Sea, as oceans, can conduct electricity easily and can carry large electric currents. When these currents reach shore in the Absheron Peninsula, particularly when the crust is nonconductive, voltages can jump into wires and earthing points with potentials measuring hundreds of Volts;

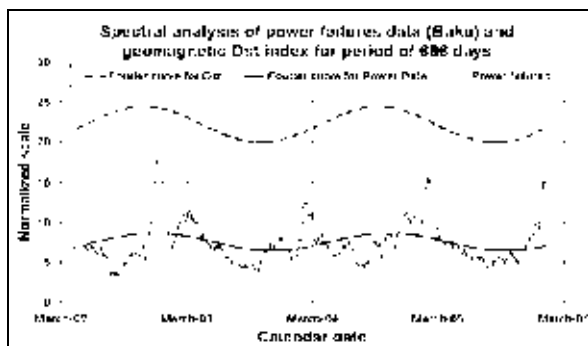


Fig.1. Spectral analyses of power supply system failures and Dst index for period of 686 days.

speed and sunspot number while 686-days periodicity was significant between failures and geomagnetic Dst and Ap-indices (Fig.1);

- data with failures, thought to be affected by changes in space weather, revealed quasi-annual periodicity as the major one. Quasi-1.3-year periodicity was found at cross-spectral analysis of failures with Dst-index. Quasi-biannual periodicity is well pronounced for data cleaned from technical reasons and thought to be affected by space weather disturbances; quasi-annual periodicity is clearly displayed in total failures data;
- improved by authors statistical analysis method was applied for studying comparative contribution of the considered agents of solar and geomagnetic activities in the so called "integrated space weather influence index"; significant contribution came from sunspot number, geomagnetic Dst index, solar radio flux at wavelength 10.7 cm, solar flare index, and geomagnetic Ap index, accordingly;
- in general, obtained results show significant interrelationship of power failures in middle latitude location with major geomagnetic and solar indices. Periodicities revealed in power failure data are well-known ones found in solar-terrestrial relations (Nayar, 2006);

alongside with evident rise of power failures during days with increased geomagnetic activity and their dependence on geophysical and technical parameters, there were found some periodicities. After "cleaning" (as much as possible) the available data from such subjective factors as seasonal and societal-economical influences, pure technical kind of effects, etc., the spectral (Fourier) analysis revealed in the remained data quasi-annual (343 days), quasi-biannual (686 days), quasi-weekly, 60 days, quasi-3 months and other significant periodicities. 343-days periodicity was dominant in cross-spectral analyses between failures and solar wind

- geomagnetic storm impacts in general are not so strong in middle latitudes (particularly, in Azerbaijan) and the effects on power consumers are small during weak and mild geomagnetic storms, while they become significant at days with severe geomagnetic storms. Analysis shows that significant impacts can be triggered at even lower storm levels and not only late at night and not only during the peak of sunspot cycle.

3. Space weather influence on the sudden cardiac death mortality

Sudden cardiac death is an unexpected death due to cardiac causes, an abrupt loss of heart function, occurring in a short time period (generally within one hour of symptom onset), in a person with known or unknown cardiac disease in whom no previously diagnosed fatal condition is apparent (Priori and Zipes, 2005). Approximately half of all cardiac deaths can be classified as SCDs. Several millions of people a year die because of SCD without being admitted to a hospital or an emergency room. The time and mode of death are unexpected. There are many endogenous factors that can place a person at risk of SCD, including: coronary artery disease, ventricular fibrillation, asystolia, pulseless electrical activity, smoking, etc. (Myerburg and Castellanos, 1997). SCD is influenced by seasonal and terrestrial weather changes, by variations in temperature, atmospheric pressure, so on. But, alongside with above-mentioned medical-biological, meteorological, social and other affecting factors, disturbances and variations in space weather (external physical activity) can also play a significant role in SCD mortality as a trigger factor (Stoupel et al, 2002, 2004, 2006).

Part of main results of collaborative studies (Prof. E. Stoupel and his group, Israel) for revealing possible influence of space weather changes on SCD in middle latitudes is described in this paper. This study was based on population-based daily medical data (36 months in 2003-2005) on deaths collected from all of Emergency and First Medical Aid Stations of grand Baku area according to WHO standards (ICD-10 code I46.1). More than 1,000,000 emergency calls containing cardiovascular-related deaths were analyzed. Out-of hospital SCD number that occurred in people was 788 (84.5% male). Age limitation was chosen between 25 and 80. Spectral (Fourier), correlation and cross-correlation analyses were applied to the considered data. Data corresponds to the period of economical and societal stability in the country and to descending phase of the 11-year solar activity cycle 23 and is therefore is quite interesting.

Daily GMA (quiet, unsettled, active, minor storm levels) - SCD distribution was 0.78, 0.66, 0.64 and 0.92; women were less affected by high GMA than men. The daily CRA (neutron activity) was 8475.35 ± 339.7 for the whole 3-year period, 8538.08 ± 322.5 in 523 days (Moscow data) with SCD (probability $p=0.0003$). The daily number of SCD was between 1 and 5. At days with SCDs between 4 and 5 ($n=16$) the CRA was 8657.5 ± 189 (compared with all 1096 days, $p=0.00018$, with 523 days with SCD (from 1 to 5) – $p=0.016$).

Comparison of the monthly SCD data revealed a significant and inverse correlation with SA indices (Pearson coefficient $r = -0.625 \div -0.76$, $p < 0.0001$) and with GMA indices ($r = -0.43 \div -0.47$, $p = 0.007 \div 0.0084$). A positive correlation was found for year of study and CRA (neutron activity) ($r = 0.511$, $p = 0.0014$).

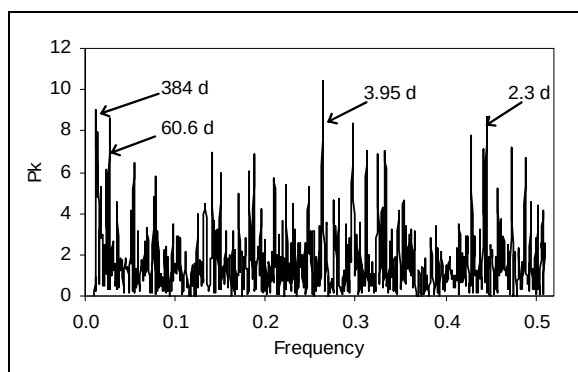


Fig 2. Power spectrum of SCD number. Major periodicities are shown on curves.

The conducted study on revealing possible influence of space weather changes on SCD resulted in the following conclusions:

- spectral analysis of the “cleaned” data has revealed certain periodicities (Fig.2) in SCD mortality data (with dominant period of 384 days or 1.05 year) which are approximately equal and/or close to periodicities well displayed in changes of heliogeophysical parameters; for example, 1.03 year periodicity was found in the lower frequency part of the power spectrum of variations of the mean magnetic field of the Sun for 1968-2000 (Kotov et al, 2002);
- monthly changes of ratio of SCD numbers “male/female” show minimums every 3 months with deeper minimum in October and around;
- study of SCD for different ages of victims distributed on months of year did not show significant changes. There are slight differences in June and April, shifted a little from the maximum around the age 50 towards younger ages;
- the timing of SCD shows significant relationship to space weather (physical) activity parameters;
- the number of SCD is rising on the highest and lowest daily levels of GMA. The relatively rare GMA storms concentrate most of SCD at days of lowest GMA;
- days with SCD are accompanied by higher CRA (neutron activity on the Earth's surface) and it is additionally increased at days with multiple SCD. These results are in agreement with observations in some other parts of the world (Stoupel et al, 2004);
- monthly number of SCD was related to CRA and inversely related to SA and GMA;

- gender differences in SCD links with GMA were found: men were more sensitive and apparently affected more;
- cosmic ray activity could be considered as one of the regulating factors in human homeostasis (Stoupelet et al, 2004, 2006).

4. Changes of heliogeophysical conditions and dynamics of traffic accidents

There are numerous indications that solar activity and solar activity variability-driven time variations of the geomagnetic field can be hazardous in relation to human health state and safety. Some evidence has been reported on the association between geomagnetic disturbances and increases in work and traffic accidents (Ptitsyna et al., 1998 and references therein). These studies were based on the hypothesis that a significant part of traffic accidents could be caused by the incorrect or retarded reaction of drivers to the traffic circumstances, the capability to react correctly being influenced by the environmental magnetic and electric fields.

Reiter (1955) found that work and traffic accidents in Germany were associated with disturbances in atmospheric electricity and in the geomagnetic field (defined by sudden perturbations in radio-wave propagation). On the basis of 25 reaction tests, it was found also that the human reaction time, during these disturbed periods, was considerably retarded. Retarded reaction in connection with naturally occurred magnetic field disturbances was observed also by Konig and Ankermüller (1982).

On the basis of huge statistical data on several millions medical events in Moscow and in St. Petersburg there were found an sufficient influence of geomagnetic storms accompanied with Cosmic Ray (CR) Forbush-decreases on the frequency of myocardial infarctions, brain strokes and car accident road traumas (Villoresi et al., 1994). The most remarkable and statistically significant effects have been observed during days of geomagnetic perturbations defined by the days of the declining phase of Forbush decreases in CR intensity. During these days the average numbers of traffic accidents increase by $(17.4 \pm 3.1)\%$ (Dorman,

2005). Some studies show correlations between high SA and GMA and increased number of traffic accidents (Stoupelet et al., 2004).

We have considered possible influence of changes of heliogeophysical conditions on dynamics of traffic accidents in middle latitudes. Data (2000-2005), taken from Baku city traffic police department, contain detailed information about accidents, deaths and injuries. Spectral, correlation and cross-correlation analysis was applied. Results of study are briefly provided below:

- improved statistical analyses method was applied for studying comparative contribution of solar and geomagnetic activities agents in the so called "integrated space weather influence index" and for calculating synthetic spectrum taking into account this influence

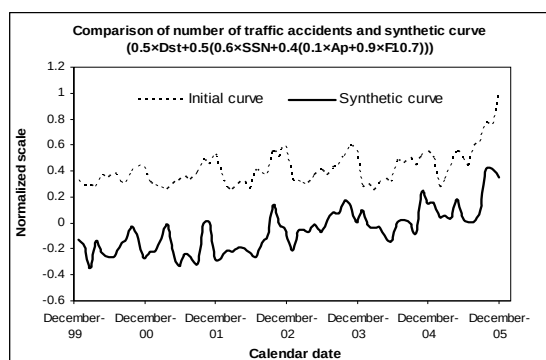


Fig. 3. Traffic accidents and synthetic curve.

(Fig.3). Significant contribution came from geomagnetic Dst index and partly from sunspot number;

- correlation analyses of accidents showed high correlation (Pearson correlation coefficient: $r=0.38$ with probability $p=0.001$) with Cosmic Ray Activity (neutron data; imp/min), inverse correlation with SSN and non-significant correlation with geomagnetic indices describing gradual changes of geomagnetic field;
- there were revealed some major and well-known (in solar-terrestrial relations) (Nayar, 2006) periodicities in the dynamics of traffic accidents: 13.6, 11.33, 6.18, 5.67, 2.43, 4.53, 4.0 months and others;
- it is concluded that impulsive geomagnetic events significantly affects the number of traffic accidents more than background geomagnetic activity.

5. Solar activity influence on the brightness changes of periodic comets

Fundamental goals of cometary investigations are to understand the origin and nature of cometary nuclei and tail, their physical and chemical composition. Of particular interest are investigations of solar activity influence on comets, their formation, brightness, outburst, etc. Many papers are devoted to study of this problem. Andrienko and Vashchenko (1981) in their monograph summarized results of studies on relationship between solar corpuscular radiation and brightness outburst of comets and different mechanisms. On the basis of an analysis of a catalog of flares of cometary brightness of 29P/Schwassmann-Wachmann it is shown that cometary flare activity depends on the phase of the 11-year solar activity cycle. Studies showed that the comet outburst activity dependence on the heliocentric distance is in good accordance with the behavior of the solar wind velocity waves. Studies of the light curves showed that integral brightness of comet Halley (1986 III) correlates with the changes in solar activity and solar wind velocity (Ptitsyna et al., 1987; Churyumov and Filonenko, 1991).

In this paper we provide results of study of "solar activity - comet's brightness variations" relationships for two well-known periodic comets – 29P/Schwassmann-Wachmann (nearly circular orbit just outside that of

Jupiter, orbital eccentricity: $e=0.044$, perihelion distance: 5.722 AU, orbital period: 14.9 years) and 1P/Halley (retrograde orbit, inclined about 18° to the ecliptic, orbital eccentricity: $e=0.967$, perihelion distance: 0.587 AU, orbital period: 76.0 years). 5863 visual magnitudes of comet 1P (time period 02.12.1981 - 03.01.1989) and 1275 visual magnitudes of comet 29P (25.11.1976 - 08.11.2005) within solar cycles 21, 22 and 23 were investigated.

Spectral (Fourier), correlation and cross-correlation analyses were performed with the help of software STATISTICA, ver.6 (2001) and SPSS, ver.12 (2003).

Visual magnitude of comet was calculated on base of modified and improved (Guliyev, 2007) Orlov's formula (Orlov, 1958) taking into account an influence of apertures of telescopes:

$$m_{\Delta} = H_1 + y_1 \lg r + k_1 \psi + hD + \Theta t,$$

where H_1 and y_1 are photometric parameters in different scales, r is the heliocentric distance of comet, ψ is

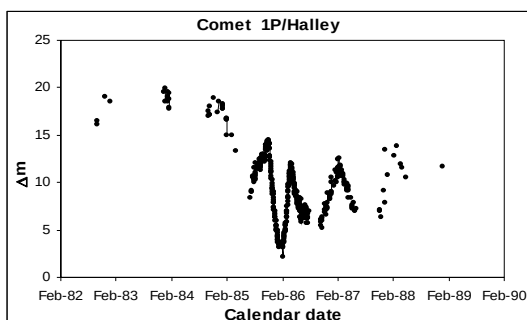


Fig.4. Changes of brightness of comet 1P/Halley.

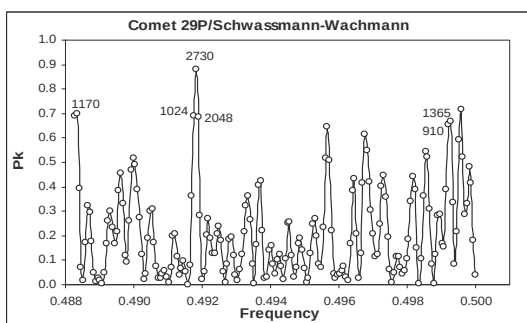


Fig.5. Power spectrum with periodicities (shown on curves, in days) found in changes of brightness of comet 29P/Schwassmann-

the elongation angle, k_1 and h are the relevant coefficients, t is the time past from the initial moment (in years; in our case, since 1976), Θ denotes losses of comet brightness during a year, D is the telescope's aperture. This formula, containing aperture, reduces additionally residual dispersion to minimum as much as possible (i.e., 15% for comet 1P), which is one of important tasks of cometary investigations. It was possible as used in this paper formula contained a maximum quantity of parameters reflecting influence of different factors, such as helio- and geo-centric distances, phase angle and elongation of comet at the moment of observation, the aperture of the used telescope, etc. Brightness curve of comet 29P is displayed in Fig.4. In this paper diversions of visual magnitude (brightness) of 1P/H and 29P/S-W with the help of improved formulas were studied and compared with solar activity agents. Applied spectral analysis and improved method of analysis have revealed certain major periodicities in the brightness changes (we will call them major "modes"; synthetic curve constructed as a sum of these modes closely fits the initial brightness curve): 7.09, 3.54, 1.77, 1.18, 1.01 years for 1P/H and 7.48, 5.61, 4.99, 4.49, 2.04 years for 29P/S-W. Revealed periodicities (in days) are displayed in the power spectrum of 29P/S-W (Fig.5).

There are some close periodicities found in brightness changes of 1P/H and 29P/S-W. As considered time periods for comets have different lengths one can not expect exact coinciding of these revealed periodicities. Comet 29P/S-W showed a steady 7.48 year while 1P/H displayed 7.09 year periodicity in brightness changes and in all of considered solar activity parameters. On other hand, quasi-biannual periodicity was dominant one for 1P/H and sunspot number (SSN), solar radio flux F10.7 and solar wind (corpuscular mechanism). Spectrum of interplanetary magnetic field's (IMF) By component shows 7-year periodicity as one of main ones alongside with 27 days recurrent, 16 year, 1 and 1.3 year activities (Nayar, 2006). 2.1, 3, 4, 5.5, 7.2 year periodicities are considered to be one of the important rhythms in solar activity. Periodicity of about 1.7 year has been identified in solar wind speed, North-South component of IMF and geomagnetic activity (Nayar, 2006).

Obtained results show that interrelations between solar activity and changes of brightness of studied comets are significant. The following conclusions are made on the base of conducted studies:

- corrections taking into account an influence of the aperture of telescope on comet brightness makes possible to reduce residual dispersion which in turn improves the results significantly;
- spectral analyses which were carried out for both variations in solar activity (different mechanisms) and for changes of brightness of the considered comets showed a presence of similar changes in both cases for the same considered time period;
- solar activity influence analysis showed very close values of periods in brightness changes for both considered comets (for example, quasi-7-year periodicity);
- some well-known periodicities in solar activity variations were revealed in periodical changes of brightness of considered comets;
- solar wind (corpuscular mechanism) influence could be considered as one of major mechanisms in the explaining of brightness changes of comets.

Acknowledgements

This work was partially supported by INTAS Grant Nr-06-1000015-6408 of the 2006 YSF Collaborative Call INTAS-Azerbaijan. Authors thank Prof. E.Stoupel (Israel), Prof. V.G.Kuznetsov (Ukraine), and Prof. V.N.Obridko (Russia) for collaboration and consultations.

References

1. Andrienko D.A., V.N. Vashchenko. 1981, Comets and Corpuscular Radiation of the Sun. Nauka, Moscow, 164 pp.
2. Babayev E.S., 2003, Some results of investigations on the space weather influence on functioning of several engineering-technical and communication systems and human health. *Astronomical and Astrophysical Transactions*, Taylor & Francis, 22(6), p.861-867.
3. Babayev E.S., 2006a, Space weather influence on the geosphere: results of complex studies conducted in the Azerbaijan National Academy of Sciences. *International Heliophysical Year (IHY-2007), First European General Assembly Proceedings in CD*, CNRS, Paris, France, 14 pp.
4. Babayev E.S., 2006b, Space weather influence on technological, biological and ecological systems: some major results of complex investigations conducted in Azerbaijan. *Sun and Geosphere (ISSN 1819-0839)*, 1(1), p.17-22.
5. Babayev E.S., Hashimov A.M., Yusifbeyli N.A., et al., 2006, Geomagnetic storm risks to electric power distribution and supply systems at mid-latitude locations and their vulnerability from space weather. *Technical and Physical Problems in Power Engineering* (Proc. 3rd Int. Conf. TPE-2006, Turkey, 29-31 May 2006), Gazi University, Ankara, p.1097-1104.
6. Bothmer V., I.A. Daglis. 2007, *Space Weather: Physics and Effects*. Springer Praxis Books, Environmental Sciences, 438 pp.
7. Breus T.K., S.I. Rapoport. 2003, *Magnetic Storms: Medical-Biological and Geophysical Aspects*. "Sovetskii Sport" Press, Moscow (in Russian), 186 pp.
8. Churyumov K.I., Filonenko V.S. 1991. The effects of solar activity on the light curves of Comets Churiumov–Gerasimenko (1982 VIII) and Halley (1986 III). *Pis'ma v Astronomicheskii Zhurnal*, 17, p.1135-1142 (In Russian).
9. Daglis I.A. (ed.). 2001, *Space Storms and Space Weather Hazards*, NATO Science Series, II. Mathematics, Physics and Chemistry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, vol.38, 482 pp.
10. Dorman L.I., 2005, Space weather and dangerous phenomena on the Earth: principles of great geomagnetic storms forecasting by online cosmic ray data. *Annales Geophysicae*, 23, p.2997–3002.
11. Guliyev A.S., 2007, About influence of telescope apertures on the comet brightness curves. *Azerbaijani Astronomical Journal* (in press).
12. Jansen F., R. Pirjola, R. Favre. 2000, *Space Weather Hazard to the Earth?* Swiss Re Publishing, Zurich, 40 pp.
13. Kappenman J.G., 1996, Geomagnetic storms and their impact on power systems. *IEEE Power Engineering Review*, 16, p.5.
14. König H.L., F. Anker muller. 1970, Ueber den Einfluss Besonders Niederfrequenter Elektrischer Vorgänge in der Atmosphäre auf den Menschen. *Naturwissenschaften*, 47, p. 486–490.
15. Kotov V.A., V.I. Haneychuk T.T. Tsap. 2002, Why does the Sun look like a magnetic S-polarity monopole? *Proc. 1st Potsdam Thinkshop on Sunspots and Starspots*, K.G.Strassmeier & A. Washuettl (eds.), AIP, p.137–138.
16. Kuznetsov V.G., A.M. Hashimov, E.S. Babayev. 2006, Influence of space weather on systems of electric energy transmission in middle latitudes. *Technical Electrodynamics*, 5, p. 49–59 (In Russian).
17. Myerburg R.J., A. Castellanos. 1997, *Cardiac Arrest and Sudden Cardiac Death*, E. Braunwald (ed.), Heart Disease. 5-th edition, Philadelphia, W.B. Saunders Company, p. 742–779.
18. Nayyar S.R.P. 2006, Periodicities in Solar Activity and Their Signature in the Terrestrial Environment. *Proc. ILWS Workshop "The Solar Influence on the Heliosphere and Earth's Environment: Recent Progress and Prospects"*, February 19-24, 2006, GOA, 8 pp.
19. Orlov S.V. 1958, *On the Nature of Comets*. Moscow, Academy of Sciences of USSR Press.
20. Palmer S.J., M.J. Rycroft, M. Cernack. 2006, Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. *Surv. Geophys*, 27, p. 557–595.
21. Priori S., D. Zipes. 2005, *Sudden Cardiac Death: A Handbook for Clinical Practice*, Blackwell Publishing, 304 pp.
22. Ptitsyna N.G., A.K. Richter, T.K. Breus. 1987, The role of solar-wind velocity-waves in comet outburst activity. *Earth, Moon, and Planets*, 37, p. 161–170.
23. Ptitsyna N.G., G. Villoresi, L.I. Dorman, et al., 1998, Natural and man-made low-frequency magnetic fields as a potential health hazard. *UFN (Uspekhi Physicheskikh Nauk)*, 168, 7, p. 767–791.
24. Reiter R., 1955, Bio-meteorologie auf physikalischer Basis, *Phys. Blatter*, 11, p. 453–464.
25. Stoupel E., et al., 2002, Sudden cardiac death and geomagnetic activity: links to age, gender and agony time. *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology*, 13(1), p. 11–21.
26. Stoupel E., et al. 2004, Three kinds of cosmophysical activity: links to temporal distribution of deaths and occurrence of acute myocardial infarction. *Med. Sci. Monit.*, 10(2), p. CR80–84.
27. Stoupel E., et al., 2006, Neutrons and sudden cardiac death (SCD) codes 121-125 ICD 10. *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacology*, 17(1), p. 45–54.
28. US National Space Weather Programme, the Strategic Plan, FCM-P-30-1995, Washington DC, August 1995, 106 pp.
29. Villoresi G., T.K. Breus, L.I. Dorman, et al., 1994, The influence of geophysical and social effects on the incidences of clinically important pathologies (Moscow 1979–1981), *Physica Medica*, 10, 3, p. 79–91.

NEW PLANT SHOOT ENVIRONMENT MONITORING SYSTEM FOR THIRD GENERATION SVET SPACE GREENHOUSE

Yordan Naydenov, Slaveyko Neychev, Iliana Ilieva

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: yordan.naydenov@space.bas.bg

Keywords: Monitoring System, Sensors, Adaptive Control, SVET Space Greenhouse

Abstract: A new sensor subsystem for leaf zone environment parameters measurement was developed in accordance with the recently proposed concept for adaptive environmental control of the plant growth conditions. Sensors of high quality, both commercial and proprietary, are used to obtain a fine performance. Data acquisition process is realized by a microcomputer system and appropriate software is built up. Two one-month experiments were carried out to test the system functioning during long-term operating conditions and at different environmental parameter values fluctuations. The last was achieved by a double plant chamber volume reduction. Results obtained show that the new plant shoot zone environment monitoring system is reliable and work properly. As a next step, the system would be developed to collect plant physiological status data and to control the environmental parameters in dynamics through the actuating mechanisms of the greenhouse in order to provide most favourable conditions for plant vegetation as defined by the new concept.

Introduction

The SVET Space Greenhouse (SG) has maintained successfully different plant growth and development experiments for a decade onboard the MIR Orbital Space Station with a total continuous operation time of almost two years. Eight experiments carried out in the period 1990-2000 within five international scientific programs and two SG modifications showed that higher plants can grow and reproduce in microgravity environment [1,2]. As a result, second generation space-produced seeds were obtained for the first time ever [3]. All these ended up long standing efforts to cultivate and reproduce plants in Space in order to include them as a part of future Biological Life Support Systems (BLSS) for long-term manned space missions [4].

The success of the experiments and the fundamental results obtained were due to the automation of the SVET SG. The experience gained through the years with the first in the world automatic plant growth facility has helped for further development of the instrumentation and biotechnology underlying the SVET design and has lead to a concept for adaptive control of the environmental parameters [5]. For this to be realized, a measurement process of both environmental and plant physiological parameters must be established. Plant root environment has been monitored since SVET was constructed in the late 1980s. Recently, we build up a second monitoring system to measure some plant shoot environment parameters and these are: (1) light intensity; (2) air temperature; (3) air humidity; (4) air flow velocity and (5) air pressure. The measurement of the rest of the parameters needed for an evaluation of the physiological status of the plants cultivated is a matter of future expansions of the system (Fig. 1).

All sensors used, except the air pressure one, are placed in the Plant Chamber (PCh) of SVET. They are grouped as a battery mounted on a rack. The rack is moved dynamically during the plant growth so the sensor battery to be always located at the top of the plant canopy. At present, only one sensor for each type of parameter measured is employed by the system.

Materials and methods

Sensors

The new plant shoot environment parameters measurement system consists of five sensors implemented as four separate physical entities. This is so because the relative air humidity is dependant of the air temperature and it is preferable to use combined humidity and temperature sensing to achieve high accuracy measurement and by reasons of compactness and reliability.

HIH-3602-C monolithic IC humidity sensor (Honeywell International Inc., Morris Township, NJ, USA) is used for temperature compensated Relative Humidity (RH) and Air Temperature (AT) measurements. The temperature sensor, a thin film platinum RTD element (Pt1000 resistor), is thermally connected with the RH sensor – a planar capacitor element. Both elements are integrated in the RH sensor package – a TO-5 can.

The sensor has fast response, high accuracy and stability. It is chemically resistant. The main performance specifications are: RH Accuracy – $\pm 2\%$ RH (0-100% RH non-condensing, 25°C); RH Repeatability – $\pm 0.5\%$ RH; RH Response Time – 50 sec in slowly moving air at 25°C; RH Stability – $\pm 1\%$ RH typical (at 50% RH in 5 years); Operating Humidity Range – 0 to 100% RH, non-condensing; Temperature Accuracy – $\pm 0.5^\circ\text{C}$ at 25°C; Operating Temperature Range – -40 to 85°C . A low value of the measuring current through the resistor is used to reduce the measurement error due to sensor self-heating.

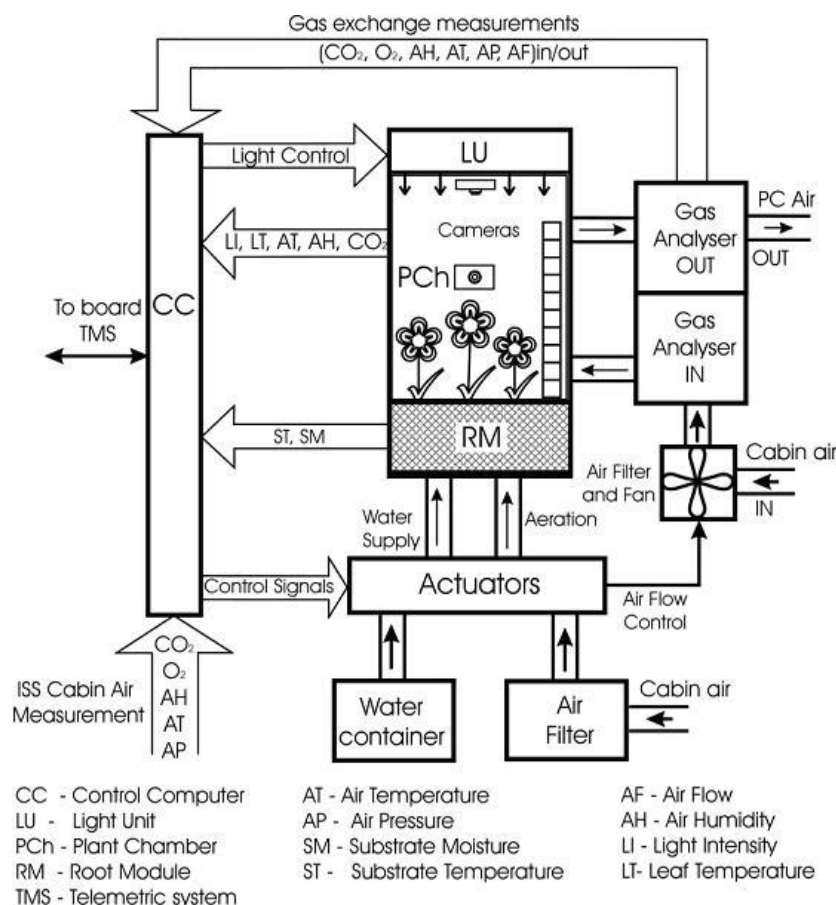


Fig. 1. Conceptual Block Diagram of the SVET-3 SG for the International Space Station (ISS).

BPW21R planar silicon PN photodiode (Vishay Semiconductor GmbH, Heilbronn, Germany) is used as Light Intensity (LI) sensor. It is hermetically sealed in TO-5 case, and has large radiant sensitive area ($A = 7.5 \text{ mm}^2$). The main optical characteristics are the following: Range of Spectral Bandwidth $\lambda_{0.5}$ from 420 to 675 nm; Wavelength of Peak Sensitivity $\lambda_p = 565 \text{ nm}$; Typical Sensitivity $S = 9 \text{ nA} \cdot \text{lx}^{-1}$; Angle of Half Sensitivity $\phi = \pm 50^\circ$. In the future, the sensor will be replaced with PAR quantum one to measure photosynthetically active radiation.

The Air Flow Velocity (AFV) sensor is developed by Bulgarian electronic engineers (Bulgarian Author's Certificate No. 44174 / 1985). It consists of two miniature transistors which are in thermal contact with the air. The first transistor's temperature is equal to that of the ambient air and differs by 80°C from the temperature of the second one. The temperature difference between the transistors is kept always constant by the sensor electronics and the energy needed for that is proportional to the air flow velocity. The sensor characteristics are: compact size, linear measurement range from $2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ to $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ AFV, independence of the AFV measurement from the air temperature in a wide range of the latter.

The air pressure is measured by a piezoresistive absolute pressure sensor KPY10 (Siemens AG, Munich, Germany). Its measurement range is $0 \div 2 \text{ bar}$. The sensor is cased in TO-8 can. It is located outside the PCh and a connection with the plant shoot environment is established by a rubber flexible tube.

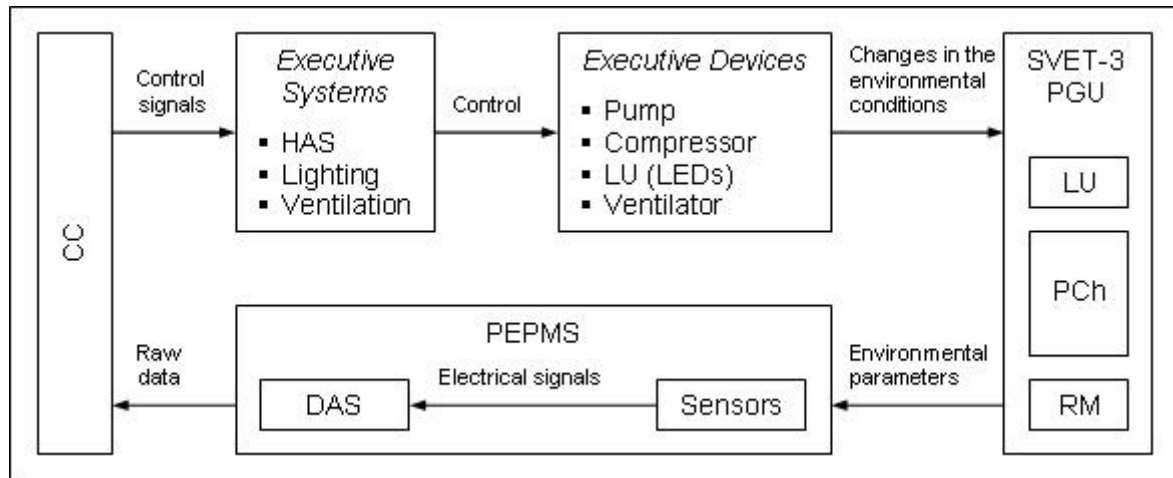
Data Acquisition System (DAS)

ME-Jekyll/ME-4610 (Meilhaus Electronic, Puchheim, Germany) multifunction data acquisition (DAQ) PC plug-in board is used to acquire data signals produced by the sensor sub-systems in the plant shoot zone. It consists of two sections – an analog-to-digital (A/D) and a digital input/output (I/O) one. The A/D section has 16 single ended input channels which are routed through a high impedance input stage to a 16-

bit 500 kHz A/D converter. The input voltage range is fixed to ± 10 V. The digital I/O section has 32 TTL-I/Os which are organized as four 8-bit bi-directional ports.

Additionally, there are 3 independent, free programmable 16-bit counters available on the board. They can be connected externally and a desired output signal with a variable duty cycle may be created, a process referred to as Pulse Width Modulation (PWM). The duty cycle can be set between 1-99% in 1% increments.

The DAQ board is plugged into a PCI-bus slot on the Control Computer (CC) of SVET-3 (Fig. 2).



CC – Control Computer; HAS – Hydro-Aero System; PGU – Plant Growth Unit; LU – Light Unit; PCh – Plant Chamber; RM – Root Module; PEPMS – Plant Environment Parameters Measurement System; DAS – Data Acquisition System.

Fig. 2. Block diagram of the data acquisition and control systems of the SVET-3 SG.

DAS Software

Proprietary software was built up to organize the acquisition process, to convert the electrical signals produced by the sensors in real environmental parameters' values and to display the plant shoot zone environmental conditions data in a convenient manner.

One single data acquisition event consists of five thousand reads of sensor data within a period of a half of second. This means that each of the five parameters scanned by the monitoring system is measured 1000 times for 0.5 sec. After that the CC calculates the average value for each environmental parameter.

The time interval between two consecutive data acquisitions can be changed from 1 min to 24 hours by a resolution of 1 min, i.e. data acquisition frequency can be varied from 1440 to 1 data acquisition event per day. Additionally, the SG operator can trigger an acquisition event at any time he wants to see the status of the environment within the PCh.

Data Representation and Storage

Environmental parameters observed by the monitoring system are displayed in a six-column table in the program window space. The first column indicates the time in which a data acquisition event is started and the rest are reserved for the measured values of light intensity, temperature, relative humidity, air pressure and air flow velocity, respectively. Data acquisitions are displayed in real time consecutively in the table rows according to the acquisition frequency set by the experimenter / SG operator. The table content is cleared at the beginning of a new calendar day and the data acquisition process gradually refills the table.

Each data row is written at the end of a special data storage text file after it has been visualized on the screen. These files are generated automatically by the program for each calendar day. File names are in mm/dd/yy format. The information stored in the files is structured in the same table-oriented manner as it is displayed.

Results

To test the system functionality and reliability two one-month test experiments were conducted. These were plant vegetations carried out in an operating regime (automatic control mode) of the SVET SG, which was working in an air-conditioned laboratory. The alteration of the range at which the environmental parameters' values varied was performed by a double volume reduction of the PCh.

The results obtained for the leaf zone environment parameters' dynamics during the plant growth experiments are summarized and represented graphically as so called parametrograms of the vegetation process (Fig. 3a, b).

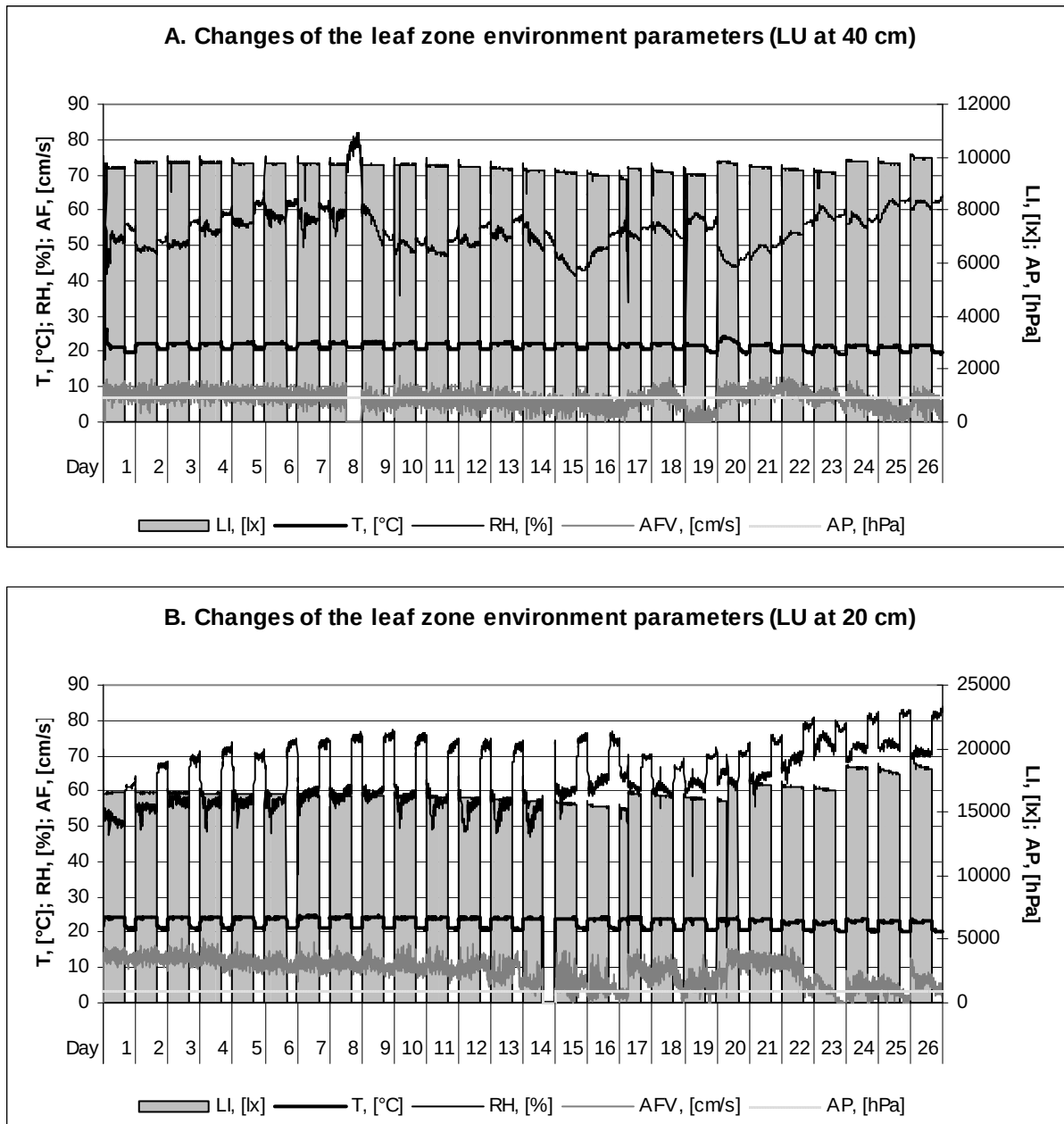


Fig. 3. Dynamics of the environmental parameters' changes measured in the leaf zone during two one-month experiments with plants grown in the SVET SG. (a) Experiment E-5: Light Unit is 40 cm above the Root Module's surface. The volume of the PCh is 55,000 cm³. (b) Experiment E-6: LU is 20 cm above the vegetation surface. The air space in the PCh is reduced two times in volume.

Discussion

As it is expected, the experimental results have shown that the most variable parameters within the PCh are the air flow velocity and the relative air humidity. The latter one has round-the-clock cycle in connection with the photoperiod chosen (16-hour day / 8-hour night). The amplitudes of the RH variations are greater in the second experiment (Fig. 3b). The average values of the RH parameter for a day continuously increased with the growth of the plant biomass during the vegetation process.

It is hard to determine the effect of the permanent ventilation on the RH values. Three concurrent processes must be taken in account: the rate at which the air in the PCh is refreshed, the evaporation from the substrate surface and the transpiration from the plant leaves (RH levels in the laboratory are presumed constant). Furthermore, the last two processes are day/night dependant. A rough idea of the role played by

the ventilation in the support of the RH balance may give us day number 8 of experiment *E-5* (Fig. 3a; At that day a power failure has arisen which has affected only the SG supply but not the one of the monitoring system. Similar situation has happened at day number 14 of *E-6*.)

The AFV parameter greatly depends on the synchronization of the sensors' moving with the growth of the leaf canopy in height so as the sensors to be always at canopy's top. It is the same with the LI parameter.

The temperature within the leaf zone is entirely predictable parameter and depends only on the distance between the T sensor and the Light Unit and on the air conditioning of the environment surrounding the SG.

Conclusion

The plant shoot environment monitoring system proved its proper work and reliability in a couple of plant growth experiments carried out in the SVET SG during the last months. Thus, at present, not only the root environment but the plant shoot one is also monitoring – a necessary step towards the adaptive control concept implementation [5].

Perspectives

It is expected new sensors to be added to the plant shoot environment monitoring system, e.g. for plant chamber gas composition measurements. The number of some of the existing sensors will be increased to ensure measurements not only in the leaf zone of the plant shoot environment but in the all air space of the PCh, i.e. a spatial monitoring.

Regarding the system's software new features will be added concerning: graphical representations of the data; statistics; additional user interface features and options (e.g. printing); event log; relational database storage, etc.

Finally, the two separate plant shoot and plant root environment monitoring systems will be incorporated in one common environmental monitoring system of the SVET-3 SG.

Acknowledgements

This research was supported in part by the Ministry of Education and Science of the Republic of Bulgaria under Contract Number KI-1-01/03.

References:

1. Ivanova T. Greenhouse aboard Mir Shows Plants Can Thrive in Space. *21st CENTURY – Science and Technology* (ISSN 0895-682), Vol. 15, No. 2, 2002, pp. 39-47.
2. Ivanova T., S. Sapunova, P. Kostov, I. Dandolo. First Successful Space Seed-to-Seed Plant Growth Experiment in the SVET-2 Space Greenhouse in 1997. *Aerospace Research in Bulgaria* (ISSN 0861-1432), Vol. 16, 2001, pp. 12-23.
3. Ivanova T., S. Sapunova, P. Kostov, I. Dandolo. Last Plant Experiments in the "SVET" SG Equipment Onboard the MIR Orbital Station. *Aerospace Research in Bulgaria* (ISSN 0861-1432), Vol. 17, 2003, pp. 108-117.
4. Ivanova T., S. Sapunova. Space Greenhouse "SVET" as a Part of a Future Life Support System. *Proceedings of the Fifth European Symposium on Life Sciences Research in Space*, Arcashon, France, 26 Sept. - 1 Oct. 1993, ESA SP-366 (ISBN 92-9092-306-7), 1994, pp. 249-254.
5. Kostov P., T. Ivanova, I. Dandolo, S. Sapunova, I. Ilieva. Adaptive Environmental Control for Optimal Results during Plant Microgravity Experiments. *Acta Astronautica* (ISSN 0094-5765), Vol. 51, No. 1, 2002, pp. 213-220.

Session 7

Warfare and Space

Chairman: Sen. Res. Zhivko Zhekov
Secretary: Res. Fell. Palmira Panova

ОТСТРАНЯВАНЕ НА СТРАНИЧНОТО ЗАСВЕТЯВАНЕ В ДВУОГЛЕДАЛНА ПАНКРАТИЧНА СИСТЕМА ЗА КОЛИМАТОР

Живко Жеков

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

REMOVAL OF SIDE ILLUMINATION IN THE IMAGE PLANE OF A TWO-MIRROR PANCRATIC COLLIMATOR SYSTEM

Zhivko Zhekov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: zhekovz@yahoo.com

Key words: side illumination, pancratic system, collimator

Ключови думи: странични засветявания, панкратична система, колиматор

Abstract: Спецификата от определени задачи, решавани от Колиматор, а също и значителните светлинни загуби в оптичните материали, прилагани в кратковълновия и дълговълновия диапазон от оптичния спектър, налагат разработването на огледални и огледално-лещови системи. Достоинство на тези системи е повишеното светопропускане, малка дължина и възможност за корекция на хроматичните аберации. Единствено трябва да се обърне внимание, че при двукомпонентните панкратични системи с отражателни равнини с постоянни оптични характеристики, съществува опасност от засветяване на равнината на образа от странични лъчи – странични засветявания. В двуогледална панкратична система за Колиматор е необходимо да се изключи засветяване на равнината на образа по целия диапазон на преместване на компонентите. В процеса на разработката са изведени формули и са представени схеми, способстващи онагледяването при пресмятане на диафрагма пред двуогледална панкратична система и пресмятане на диафрагма, разположена между компонентите на двуогледална панкратична система. Резултатите от пресмятанията на диафрагма за двуогледална панкратична система са представени в табличен вид.

Резултатите от проведените изследвания на диафрагми за двуогледална панкратична система позволяват да се направи извода, че вторият способ за защита на равнината на образа от странични засветявания е за предпочитане. Той осигурява по-малки размери и по-малка стойност на изменение на дължината на диафрагмата.

Спецификата от определени задачи, решавани от Колиматор, а също и значителните светлинни загуби в оптичните материали, прилагани в кратковълновия и дълговълновия диапазон от оптичния спектър, налагат разработването на огледални и огледално-лещови системи. Достоинство на тези системи е повишеното светопропускане, малка дължина и възможност за корекция на хроматичните аберации. Единствено трябва да се обърне внимание, че при двукомпонентните панкратични системи с отражателни равнини с постоянни оптични характеристики, съществува опасност от засветяване на равнината на образа от странични лъчи – странични засветявания.

В двуогледална панкратична система за Колиматор е необходимо да се изключи засветяване на равнината на образа по целия диапазон на преместване на компонентите.

В класическите огледални системи за тази цел се прилагат цилиндрична диафрагма пред огледалната система или конусна диафрагма, закрепена на втория компонент и цилиндрична диафрагма, вместена в централното отворстие на първия компонент. Зависимостите, определящи размерите на диафрагмата трябва да отчитат преместването на компонентите и изменението на увеличението при постоянен размер на образа. При извод на съотношения ще се има предвид, че конструктивно апертурната диафрагма е разположена непосредствено пред втория компонент.

От фиг. 1 се извеждат изрази за определяне размера на цилиндричната диафрагма, разположена пред огледалната панкратична система:

$$(1) \quad D_N = \frac{1}{V} \left[2_{y'} + \frac{a_1 (VD_{bx} - 2_{y'})}{P} \right]$$

$$(2) \quad L_N = - \frac{(l + a_1 - d)(D_N - 2_{y'})}{D_{ek} - 2_{y'}}$$

където D_N – диаметър на диафрагмата;

L_N – дължина на диафрагмата;

V – линейно увеличение на системата;

$2_{y'}$ – диаметър на образа;

D_{bx} – диаметър на входната зеница;

P – разстояние от предмета до входната зеница;

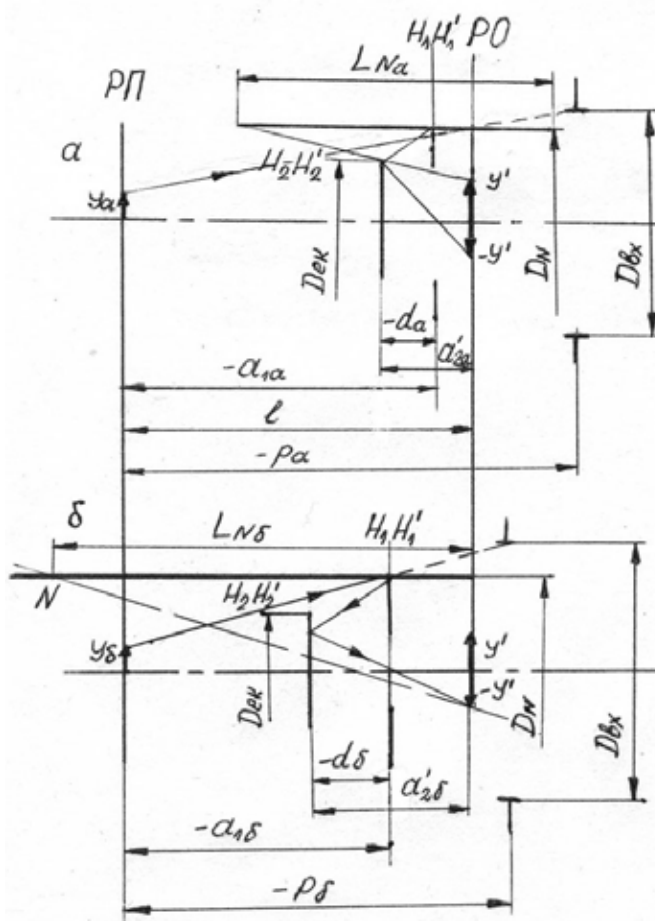
D_{ek} – диаметър на екранирания втори компонент;

l – разстояние между равнината на предмета и образа;

a_1 – разстояние от първия компонент до предмета;

d – разстояние между компонентите.

От изразите (1) и (2) и фиг. 1 се вижда, че размерът на диафрагмите ще е значителен. Диаметърът D_N е необходимо да бъде по-голям от диаметъра на първия компонент, а дължината L_N да е пропорционална на квадрата на разстоянието между първия компонент и предмета.



Фиг. 1. Към пресмятане на диафрагмата пред двуогледална панкратична система:
а – крайно дясно положение на компонентите, б – крайно ляво положение на компонентите.

На фиг. 1 променливите стойности, отбелязани с индекса a и b , съответстват на положението на компонентите, с РП е отбелязана равнината на предмета, a с РО – равнината на образа.

Способът за защита на равнината на образа посредством конусна и цилиндрична диафрагма е от изключително значение за панкратични системи с огледални компоненти. В този случай диафрагмите са малко по-големи, а и малко увеличават централното екраниране.

На фиг. 2, посредством главните равнини HH' е представена двуогледална панкратична система в двете крайни положения. Диаметърът и дължината на цилиндричната диафрагма са обозначени съответно с D_S и L_S . Изразът за определяне на D_S при преминаване на лъч II има вида:

$$(3) \quad D_S = 2_{y'} - \frac{L_S(D_{ek} - 2_{y'})}{l + a_1 - d}.$$

Стойността на D_S при преминаване на лъч III е равна на

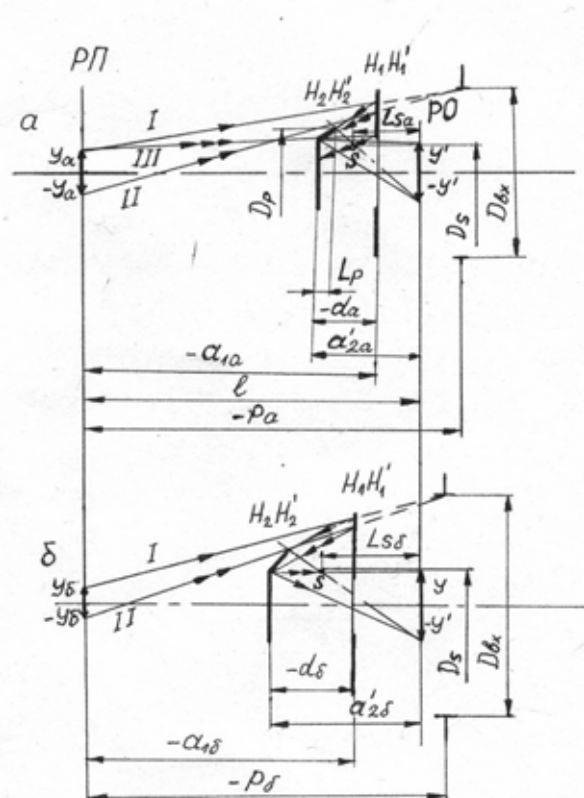
$$(4) \quad D_S = \frac{2_{y'}}{V} + \frac{a_1(VD_{ek} - 2_{y'})}{V(a_1 - d)} - \left[\frac{2_{y'}}{Vf_1'} + \frac{VD_{ek} - 2_{y'}}{V(a_1 - d)} \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{a_1}{f_1'} \right) \right] (l + a_1 + L_S).$$

След заместване на (3) в (4) и преобразуване, се получава израз за определяне на L_S :

$$(5) \quad L_S = \frac{(l + a_1 - d) \{ (a_1 - d[2_{y'}(V - 1) + K_1(l + a_1)](VD_{ek} - 2_{y'}) \}}{(a_1 - d)[(VD_{ek} - 2_{y'}) - K_1(l + a_1 - d)]},$$

където
$$K_1 = \frac{2_{y'}}{f_1'} + \frac{VD_{ek} - 2_{y'}}{a_1 - d} \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{a_1}{f_1'} \right).$$

Конусната диафрагма е закрепена на втория компонент и се мести заедно с него.



Фиг. 2. Към пресмятане на диафрагма, разположена между компонентите на двуогледална панкратична система: a – крайно дясно положение на компонентите, b – крайно ляво положение на компонентите

Проекцията на диафрагмата върху оптичната ос се обозначава с L_P , а най-големият диаметър – с D_P . Стойността на D_P при преминаване на лъча I е равна на

$$(6) \quad D_P = D_{ek} - \frac{1}{V} \left[\frac{2_{y'}}{f_1'} + \frac{VD_{ek} - 2_{y'}}{p} \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{a_1}{f_1'} \right) \right] L_P.$$

Изразът, съответстващ на D_P относно правата PS има вида:

$$(7) \quad D_P = \frac{D_S + 2_{y'}}{L_S} (L_P - l - a_1 + d) - 2_{y'}$$

Замествайки (6) в (7) се получава:

$$(8) \quad L_P = \frac{V[L_S(D_{ek} + 2_{y'}) + (l + a_1 - d)(D_S + 2_{y'})]}{V(D_S + 2_{y'}) + K_2 L_S},$$

където:
$$K_2 = \frac{2_{y'}}{f_1'} + \frac{VD_{ek} - 2_{y'}}{p} \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{a_1}{f_1'} \right).$$

Може да бъде използвано и решение с цилиндрична диафрагма с променяща се дължина L_S . В този случай размерите D_P и L_P на конусната диафрагма и D_S на цилиндричната, се считат за постоянни определени от (формули от 3 до 5) и (формули от 6 до 8), а изменението на дължината на цилиндричната диафрагма L_S след преобразуване на (8) се представя с израза:

$$(9) \quad L_S = \frac{V(D_S + 2_{y'})(L_P - l - a_1 + d)}{V(D_{ek} + 2_{y'}) - K_2 L_P}.$$

Стойността на L_S се променя при преместване на компонентите, така, както всяко положение съответства на определена комбинация на V , a_1 и d .

Резултатите от проведените изследвания на диафрагмата за двуогледална панкратична система позволяват да се направи извода, че вторият способ на защита на равнината на образа от странични засветявания е за предпочитане. Той осигурява по-малки размери и по-малка стойност на изменение на дължината на диафрагмата.

Литература:

1. А н е н к о М., А д у б о в и н. Прикладная оптика. Москва "Наука", 1971.
2. Ж е к о в Ж. Техническа оптика в космическите изследвания. Акад. издат. "Проф. Марин Дринов" София, 2007
3. Ж е к о в Ж., Г. М а р д и р о с я н, П. Х р и с т о в. Изследване на хода на осевия реален лъч в центрирана оптична система. Сб. трудове "100 години от рождението на Джон Атанасов", Шуменски университет "Епископ К. Преславски", Шумен, 2003.

STUDYING THE INFLUENCE OF MANAGEMENT EFFICIENCY ON THE OPERATION PROCESS OF AN OPEN SERVICING SYSTEM USING SIMULATION MODELLING

Branimir Zhekov

*Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
Sofia 1504, Bulgaria, 82 Evlogi Georgiev Blvd., tel. (02) 9226536,
e-mail: bzhekov@yahoo.com*

Keywords: modelling, simulation model, system of mass service, input request flow.

Abstract: The major factors which concern and influence the definition of the generalized parameter of estimating the operation efficiency of an open servicing system are considered. It is specified, that the management efficiency servicing channels are one of factors which have essential role and value in the system's operation process. The author suggests studying the influence using simulation modelling. The concept of simulation model of an open servicing system which is presented as m-channel queuing system with the opportunity of managing the service resource is developed. On the basis of the received results of running the model, analysis and estimation of the influence of management efficiency and corresponding conclusions are made.

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА УПРАВЛЕНИЕ ВЪРХУ ПРОЦЕСА НА ФУНКЦИОНИРАНЕ НА ЕДНА ОТВОРЕНА ОБСЛУЖВАЩА СИСТЕМА

Бранимир Жеков

*Военна академия "Г. С. Раковски", Институт за перспективни изследвания за отбраната
e-mail: bzhekov@yahoo.com*

Ключови думи: моделиране, симулационен модел, система за масово обслужване, входящ поток от заявки.

Резюме: Разгледани са основните фактори, имащи отношение и оказващи влияние при дефинирането на обобщен показател за оценка на ефективността на функциониране на една отворена обслужваща система. Посочено е, че ефективността на управление на съответните обслужващи канали е един от факторите, който има съществена роля и значение за процеса на функциониране. Предложено е влиянието му да бъде изследвано с помощта на симулационно моделиране, като е разработена концепция на симулационен модел на отворената обслужваща система, представена като m-канална система за масово обслужване с възможност за управление на ресурса за обслужване. На базата на получените резултати от проиграването на модела са извършени анализ и оценка на влиянието на ефективността на управление и са направени съответни изводи.

Въведение в проблема

Изследването на процеса на функциониране на системите за масово обслужване (СМО) е свързано с решаването на множество задачи, голяма част от които са намерили отражение в съвременната теория на масовото обслужване като част от един клон на съвременната приложна математика, а именно изследване на операциите. В класическия си вид, при възприетите ограничения и допускания, за редица от тях са предложени съответни математически зависимости, включително и за оценка на ефективността на функциониране, за които има достатъчно емпиричен материал, потвърждаващ тяхната обективна справедливост.

Когато обаче се изследват комплексни системи с много компоненти, сложни функционални зависимости и реализиращи многомерни процеси, се оказва, че задачата в повечето случаи е нерешима по аналитичен път, тъй като аналитичните модели на системите за масово обслужване само опростени, в определена степен, модели на действителността. Обикновено при тях не се

прилага подхода за съставяне на универсален модел на системата за масово обслужване, а се използва основното достоинство на аналитичните модели - възможността да се изследват параметрите на процесите в зависимост (функция) от параметрите на системата и като следствие се жертва адекватността за сметка на крайния резултат [2, 3].

Алтернативен подход за изследване на СМО, позволяващ преодоляването на посочените особености и ограничения и предоставящ възможност за по-пълно и точно съгласуване с физическата същност на процеса, адекватно задаване на входящите потоци от заявки, времена и дисциплини на обслужване и за осигуряване на лесно и удобно модифициране в процеса на изследване е изборът на симулационното моделиране [1].

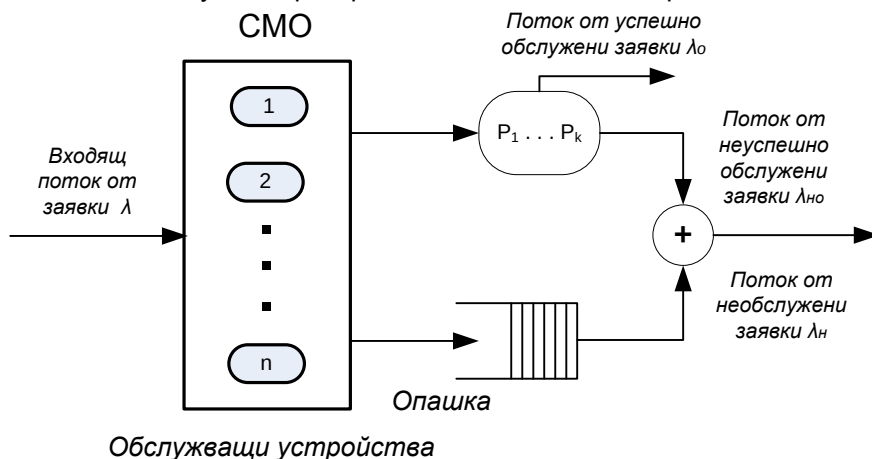
Освен това, когато един или няколко елемента на системата за масово обслужване допускат управляващи въздействия (изменения) по някои от своите параметри, т.е. системата е управляема, възниква необходимостта от оценка на ефективността на множеството от управляващи въздействия, което в общия случай може да бъде отнесено към входящите потоци от заявки, към механизма на обслужване, към дисциплината на опашката и към структурата на системата.

Целта на настоящата работа е с помощта на методите на стимулационното моделиране да се изследва процеса на функциониране на една отворена управляема обслужваща система и се получат определени количествени оценки на съответните и характеристики.

Концептуален модел на системата

Разглежданата обслужваща система може да бъде представена като отворена n -канална система за масово обслужване с ограничено време за пребиваване на заявките в системата, недостоверно обслужване, наличие на информация за резултата от обслужването и отсъствие на взаимопомощ между каналите. Всичките n обслужващи устройства са еднотипни по производителност, характеризират се с едно и също разпределение на времето за обслужване на заявките, с едно и също разпределение на времето за преминаване от обслужване на една заявка към обслужване на друга заявка и наличието на крайно количество ресурсни единици, предназначени за обслужване на заявките. Системата допуска управляващо въздействие, отнасящо се до количеството на едновременно използваните ресурсни единици за обслужване на една заявка (фиг.1).

Изхождайки от конкретни практически съображения, входящият поток от заявки е реализиран като произведен поток от входни заявки, получен чрез трансформация на поасонов входящ поток с интензивност λ . За целта всяка една заявка от поасоновия поток поражда две нови заявки, като моментът на постъпване на първата заявка съвпада с момента на постъпване на заявката от поасоновия поток, а втората заявка постъпва след определено закъснение спрямо първата, което може да бъде постоянно или случайно разпределено в зададен интервал.



Фиг. 1. Структура на обслужващата система

В резултат на управляващото въздействие в системата, приетата на обслужване заявка от всяко обслужващо устройство може да се реализира с изразходването с k ресурсни единици едновременно. При това, ако вероятността за успешно обслужване с една ресурсна единица ($k = 1$) е P_1 , то вероятността за успешно обслужване с k ресурсни единици ще бъде равна [4]:

$$P_k = 1 - (1 - P_1)^k. \quad (1)$$

Ако в момент на постъпване на нова заявка има поне едно свободно обслужващо устройство, то тя се приема за обслужване от него. Обслужването може да бъде успешно или неуспешно. Независимо от резултата, след изтичане на времето за обслужване устройството се освобождава.

Ако към момента на пристигането на нова заявка всичките n обслужващи устройства са заети, то тя ще постъпи в опашка за чакане, където ще изчака определено време за престой, след което напуска системата необслужена.

С цел опростяване на модела са приети редица ограничения, отнасящи се до характеристиките и особеностите на потока от заявки, като вид и траектория на движение, ешелониране, групиране, достъпност до обслужващите устройства и др.

Програмна реализация

В съответствие с представения по-горе концептуален модел на разглежданата обслужваща система е разработен симулационен модел на същата с използване на софтуерния продукт за дискретно симулационно моделиране GPSS World на фирмата Minuteman Software [5].

Обслужващите устройства са симулирани чрез n едноканални прибора, позволяващи реализацията на управляващите въздействия в системата, самостоятелното и автономно функциониране както и събиране на съответна статистическа информация за процесите в системата.

В моделираната система за масово обслужване са организирани две опашки, в едната от които постъпват заявките, не приети за обслужване поради липса в момент на постъпването им на свободни обслужващи устройства, а в другата – заявките, претърпели неуспешен опит за обслужване и окончателно напускащи системата. Всяка приетата за обслужване заявка се обслужва еднократно за време, стойностите на което са равномерно разпределени в зададен времеви интервал. Вероятността за успешно приключване обслужването на заявката зависи от определеното количество ресурсни единици и е една и съща за всички обслужващи устройства.

Чрез дефиниране на различни статистически таблици в симулационния модел са табулирани честотните разпределения на различни случайни величини, необходими при анализа на процеса на функциониране на разглежданата обслужваща система.

Условия на моделирането

Реализацията на симулационния модел и определянето на характеристиките на работа на системата е осъществена при следните общи параметри: интензивност на поасоновия поток от входни заявки, изменяща се в диапазона от $\lambda = 1 \text{ заявка/мин}$ до $\lambda = 10 \text{ заявки/мин}$; закъснение между двойката заявки на производния входен поток, равномерно разпределено в интервала $3 \pm 1 \text{ s}$.

Конфигурация на обслужващите устройства в системата $n = 4$; време за обслужване на заявка, равномерно разпределено в интервала $8 \pm 2 \text{ s}$; вероятност за успешно обслужване с една ресурсна единица ($k=1$) $P_1 = 0,25$; количество едновременно използвани ресурсни единици $k=1$, $k=2$ и $k=3$; време за възстановяване след обслужване на заявка, равномерно разпределено в интервала $6 \pm 2 \text{ s}$; максимално разрешени последователни опити за обслужване на заявка – един; максимално време за престой в опашките – 20 s .

Анализ на резултатите от симулационните експерименти

Получените резултати от експериментирането на симулационния модел на разглежданата система позволяват да бъде направен анализ и дадена оценка на редица характеристики на процеса на нейното функциониране, а също така да бъде оценена ефективността на управляващите въздействия. От голямото многообразие на различни количествени показатели, с които може да бъде охарактеризирана ефективността на една СМО, определен практически интерес представлява вероятността за обслужване на заявката P_0 , която за разглежданата обслужваща система, функционираща в стационарен режим, може да бъде представена като:

$$(2) \quad P_0 = \frac{\lambda_0}{\lambda},$$

където:

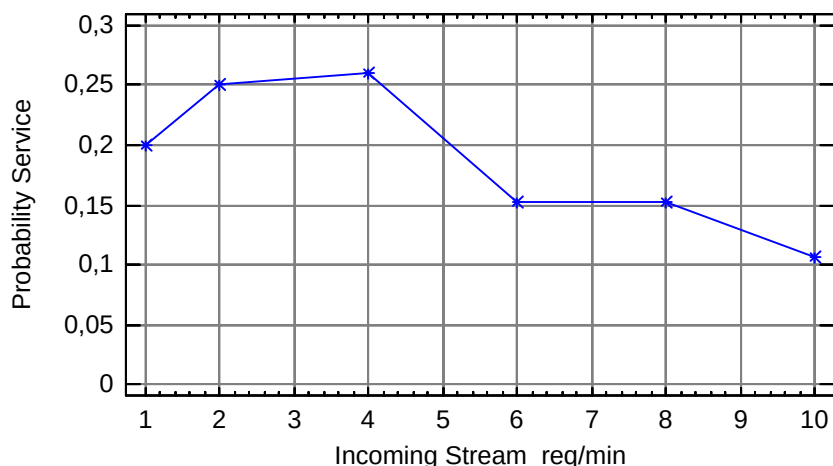
λ — интензивност на входящия поток от заявки;

λ_0 — интензивност на потока от успешно обслужени заявки;

На фиг. 2 е дадена графичната зависимост на вероятността за обслужване P_0 от интензивността на входящия поток от заявки λ при количество едновременно използвани ресурсни

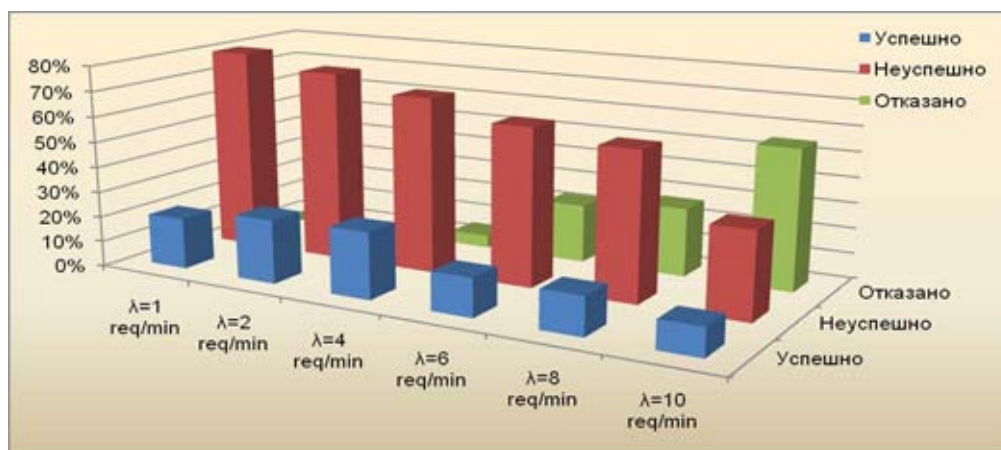
единици $k=1$, реализирана с помощта на пакета за анализ на статистически и експериментални данни StatGraphics Centurion XV на фирмата StatPoint, Inc.

От получената зависимост се вижда, че при така дефинираните условия за проиграване на модела, най-голяма стойност на P_0 се получава при $\lambda = 4$ заявки/min, но в същото време като абсолютна стойност тази вероятност е сравнително ниска и достига едва до 0,26. При по-ниски и при по-високи стойности на λ , стойностите на P_0 намаляват като при $\lambda = 10$ заявки/min стойността на P_0 достига 0,11.



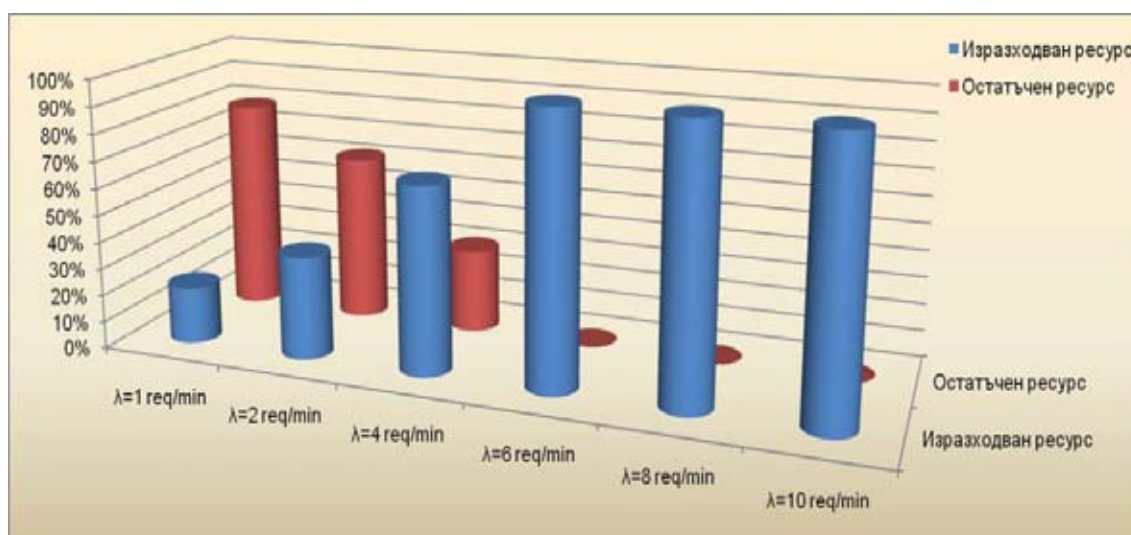
Фиг. 2. Зависимост на P_0 от λ при $k=1$

На фиг.3 е дадена диаграма на процентното разпределение на количествата успешно обслужени заявки, неуспешно обслужени заявки и на заявките, на които е отказано обслужване поради липсата на свободни канали в момент на постъпване в системата или на ресурс. В резултат на приетата стойност на управляващото въздействие ($k=1$) и съответната ниска стойност на P_1 , делът на неуспешно обслужените заявки до интензивност на входящия поток $\lambda = 8$ заявки/min доминира.



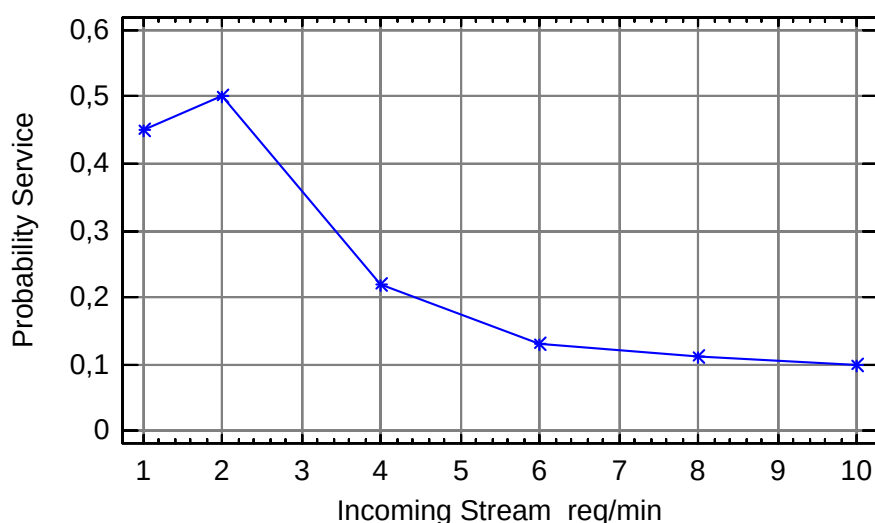
Фиг.3. Разпределение на видовете обслужване на заявките от λ при $k=1$

Диаграма на процентното разпределение на изразходвания и на остатъчния ресурс в зависимост от интензивността на входящия поток от заявки λ при стойност на управляващото въздействие ($k=1$) е дадена на фиг.4. От диаграмата се вижда, че при интензивност на входящия поток от заявки $\lambda \geq 6$ заявки/min, наличният ресурс за обслужване се изразходва на 100%.



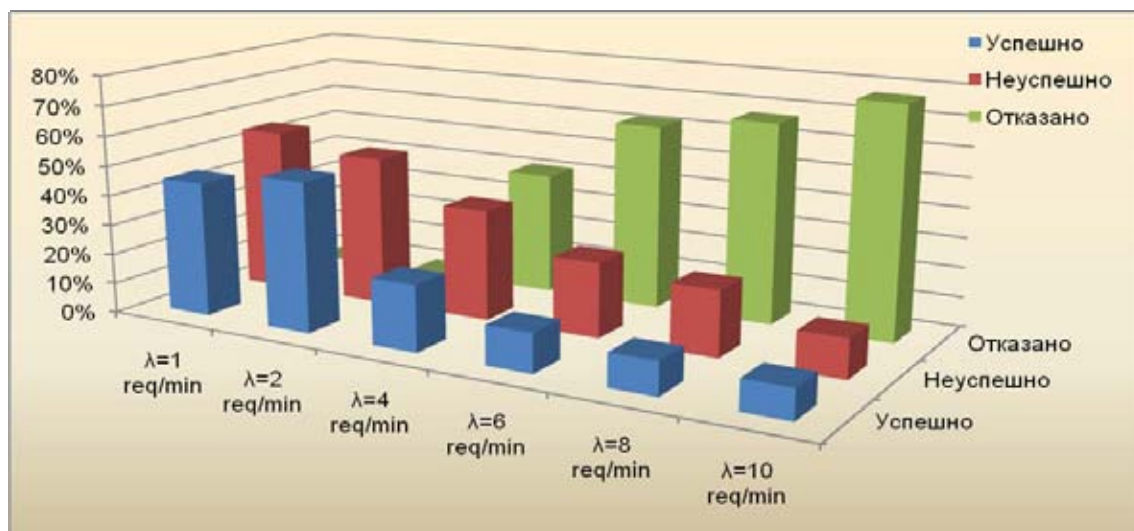
Фиг. 4. Разпределение на ресурса за обслужване на заявките от λ при $k = 1$

Графична зависимост на P_o от интензивността на входящия поток от заявки λ при количество на едновременно използвани ресурсни единици $k = 2$ е дадена на фиг.5. При така избраното управляващо въздействие, максималната стойност на вероятността за обслужване $P_o = 0,5$ е получена при по-ниска интензивност на входящия поток от заявки, а именно при $\lambda = 2$ заявки/min. След тази стойност, в следствие на вътрешно системни взаимосвързани процеси P_o рязко намалява.



Фиг. 5. Зависимост на P_o от λ при $k = 2$

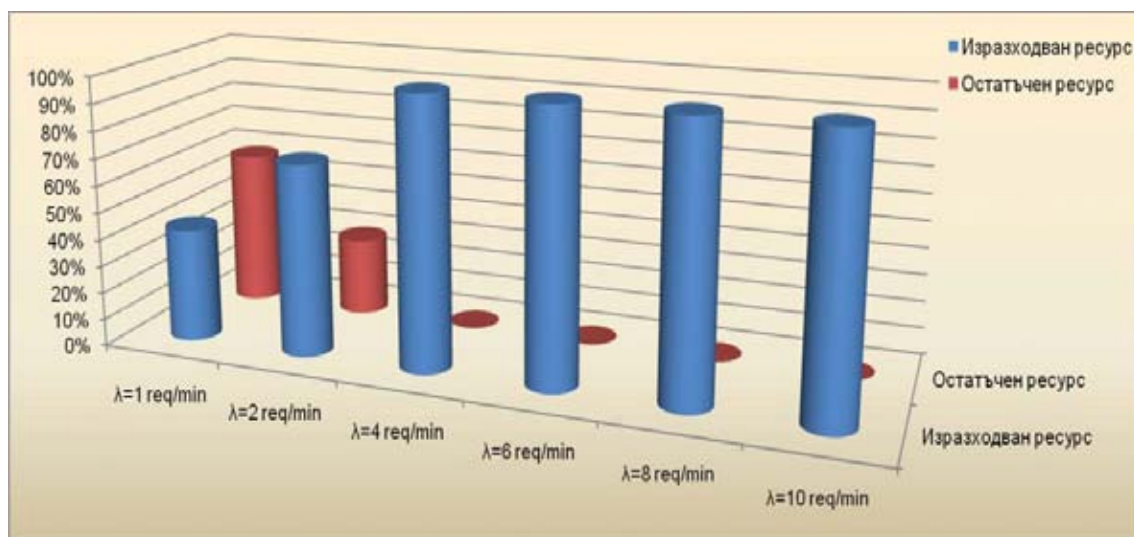
При анализа на получените резултати определена яснота може да бъде получена и от диаграмата на процентното разпределение на видовете обслужване на заявките от интензивността на входящия поток от заявки λ при стойност на управляващото въздействие $k = 2$, дадена на фиг.6.



Фиг. 6. Разпределение на видовете обслужване на заявките от λ при $k = 2$

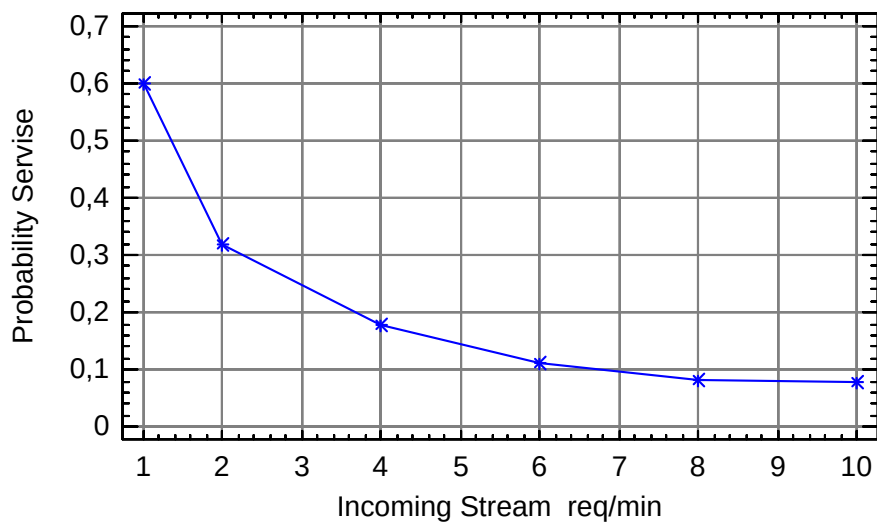
От диаграмата се вижда, че и при управляващо въздействие $k = 2$, основните тенденции и зависимости между видовете обслужвания се запазват, но започват да се проявяват при по-ниски стойности на входящия поток от заявки λ . При вероятност за обслужване на заявката $P_0=0,5$, разпределението между успешно и неуспешно обслужвани заявки е 50% на 50%.

Аналогичен извод може да бъде направен и по отношение на процентното разпределение на ресурса за обслужване на заявките при $k = 2$, дадено на фиг.7. В следствие на увеличаване на количеството едновременно използвани ресурсни единици още при $\lambda = 4$ заявки/min, изразходваният ресурс достига 100%, а остатъчният съответно 0%.



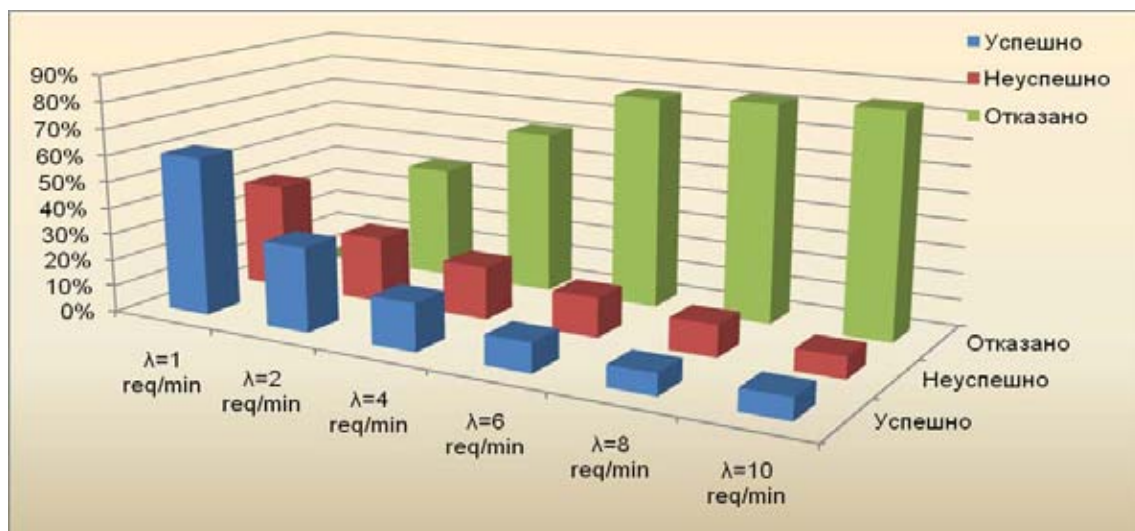
Фиг. 7. Разпределение на ресурса за обслужване на заявките от λ при $k = 2$

По нататъшното увеличаване на количеството едновременно използвани ресурсни единици до $k = 3$ променя характера на зависимостта на вероятността за обслужване P_0 от интензивността на входящия поток от заявки λ , дадена на фиг.8. Въпреки, че максималната стойност на P_0 е увеличена до 0,6, то тя се получава при минимална интензивност на входящия поток от заявки. С увеличаване на интензивността на входящия поток от заявки вероятността за обслужване P_0 намалява и при $\lambda = 10$ заявки/min достига до 0,08.



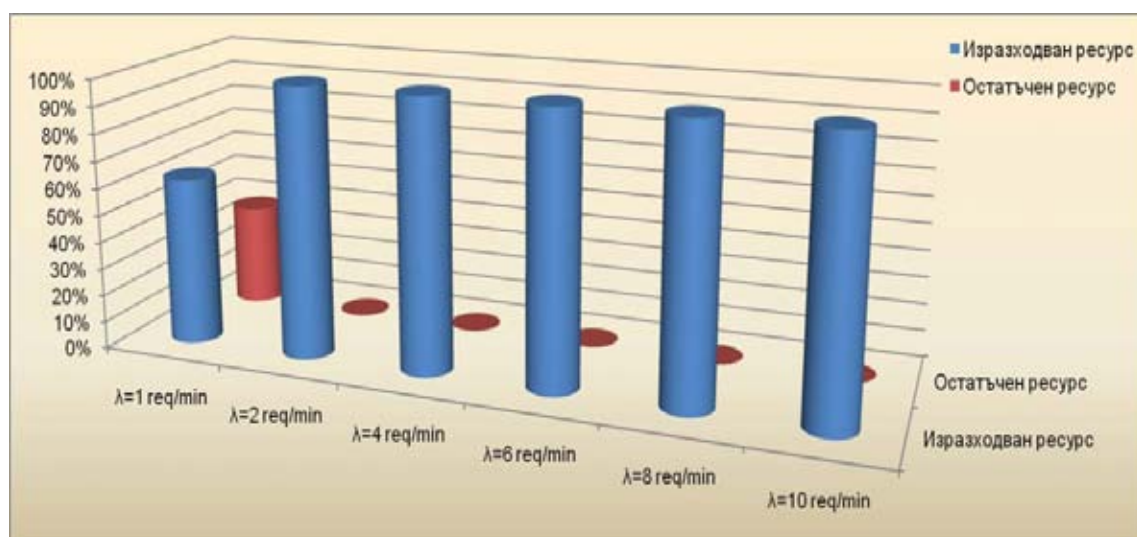
Фиг. 8. Зависимост на P_0 от λ при $k = 3$

Характерна особеност на процентното разпределение на видовете обслужване на заявките от интензивността на входящия поток от заявки λ , при $k = 3$, дадена на фиг.9, е доминиращият дял на отказаното обслужване за $\lambda \geq 2$ заявки/min.



Фиг. 9. Разпределение на видовете обслужване на заявките от λ при $k = 3$

От представената на фиг.10 диаграма на процентното разпределение на ресурса за обслужване от интензивността на входящия поток от заявки λ при $k = 3$ се вижда, че ресурсът не се изразходва на 100% само при интензивност на входящия поток $\lambda < 2$ заявки/min, в следствие на което и съответните стойности на P_0 са по-ниски в сравнение с аналогичните стойности, получени за управляващи въздействия $k = 1$ и $k = 2$.



Фиг. 10. Разпределение на ресурса за обслужване на заявките от λ при $k = 3$

Заклучение

Предложеният симулационен модел на разглежданата обслужваща система позволява изследването на процеса на нейното функциониране в широки граници. Получените и представени, в резултат на проиграването на модела, експериментални данни позволяват да бъдат направени конкретни изводи и практически препоръки за избора на стойността на управляващото въздействие и за оценка на неговото влияние върху процеса на функциониране на системата. Същите могат да бъдат използвани при вземането на решения за ефективни приложения на аналогични обслужващи системи.

Литература

1. А в е р и л л Л о у, Д э й в и д К е л ь т о н. Имитационное моделирование. "Питер", Санкт-Петербург, 2004.
2. О б р е т е н о в А., Б. Д и м и т р о в. Справочник по масово обслужване. "Наука и изкуство", С., 1979.
3. С е м е р д ж и е в Ц. Инструменти за стратегическо ръководство "С⁴I". "Софттрейд", С., 2001.
4. Ф е л л е р В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. т. 1, "Мир", М., 1984.
5. General Purpose Simulation System World: Reference Manuel. Minuteman Software, www.minutemansoftware.com, 2002.

STUDYING THE OPERATION OF AN OPEN TWO-LEVEL SERVICING SYSTEM USING SIMULATION MODELLING

Branimir Zhekov

Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
e-mail: bzhekov@yahoo.com

Keywords: modelling, simulation, handling capability, input request flow, servicing intensity.

Abstract: The paper considers the operation of one open two-level servicing system, which is presented as $(n+m)$ channel queuing system. The first level of the system consists of n centrally operated servicing channels, and the second level consists of the others m servicing channels, operating completely independently and with mutual aid between channels. The concept of the servicing system's simulation model is developed. The logic-generalized diagram of the simulation model is given. On the basis of the received results of running the model, analysis and estimation of the system's operation is made with different intensity input request flow.

ИЗСЛЕДВАНЕ ФУНКЦИОНИРАНЕТО НА ЕДНА ОТВОРЕНА ДВУСТЕПЕННА ОБСЛУЖВАЩА СИСТЕМА С ПОМОЩТА НА СИМУЛАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ

Бранимир Жеков,

Военна академия "Г. С. Раковски", Институт за перспективни изследвания за отбраната
e-mail: bzhekov@yahoo.com

Ключови думи: моделиране, симулация, пропускателна способност, входящ поток от заявки, интензивност на обслужване.

Резюме: Разгледано е функционирането на една отворена двустепенна обслужваща система, представена като $(n+m)$ -канална система за масово обслужване, при която първото ниво е изградено от n централизирано управлявани обслужващи канала, а второто ниво от останалите m обслужващи канала, които функционират напълно децентрализирано и с взаимопомощ между каналите. Разработена е концепцията на симулационния модел на обслужващата система. Приведена е обобщена логическа схема на симулационния модел. На базата на получените резултати от проиграването на модела са извършени анализ и оценка на функционирането на системата, при различна интензивност на входящия поток от заявки.

Въведение в проблема

Класът на системите за масово обслужване (СМО), намерил широко разпространение както в ежедневната човешка дейност, така и в редица специфични нейни области е класът с многостепенно или многофазно обслужване. Този клас системи обикновено се задава с броя на фазите, броя на обслужващите устройства във всяка фаза, правилата за формиране на опашките пред тях и възможните ограничения, разпределенията на обслужването от всяко обслужващо устройство и на входящите потоци от заявки.

По важните задачи, които се поставят за решаване при изследване процеса на функционирането на системите с многофазно обслужване са свързани с разпределението на броя на заявките в системата по фази, общото време за престой на отделната заявка в системата, разпределенията на времената за чакане пред отделните фази, на времената за преминаване през отделна фаза, средните характеристики на посочените разпределения, условията за съществуване на стационарен режим, влиянието на коефициента на заетост на системата върху характеристиките на процеса и др.

Получаването на аналитични решения на изброените задачи е затруднено главно поради сложността на процеса, дефиниран като многомерен със зависими координатни процеси и от

обстоятелството, че изходящият поток от заявки от едната фаза се явява входящ поток за следващата фаза, като при това, колкото да е идеален първичният входящ поток, още след първата фаза неговите свойства рязко се променят [2].

Посочените трудности при изследване на многофазни системи за масово обслужване с произволни разпределения на входящите потоци от заявки и/или произволно разпределение на времето за обслужване на заявките и редица други особености и ограничения, в значителна степен могат да бъдат преодоляни като се използват методите на статистическото моделиране [1]. Освен това, възможността за по-пълно и точно съгласуване с физическата същност на процеса, адекватно задаване на входящите потоци от заявки, времена и дисциплини на обслужване, и за осигуряване на възможност за лесно и удобно модифициране на модела, определят в значителна степен предимствата и избора на метода за симулационно моделиране.

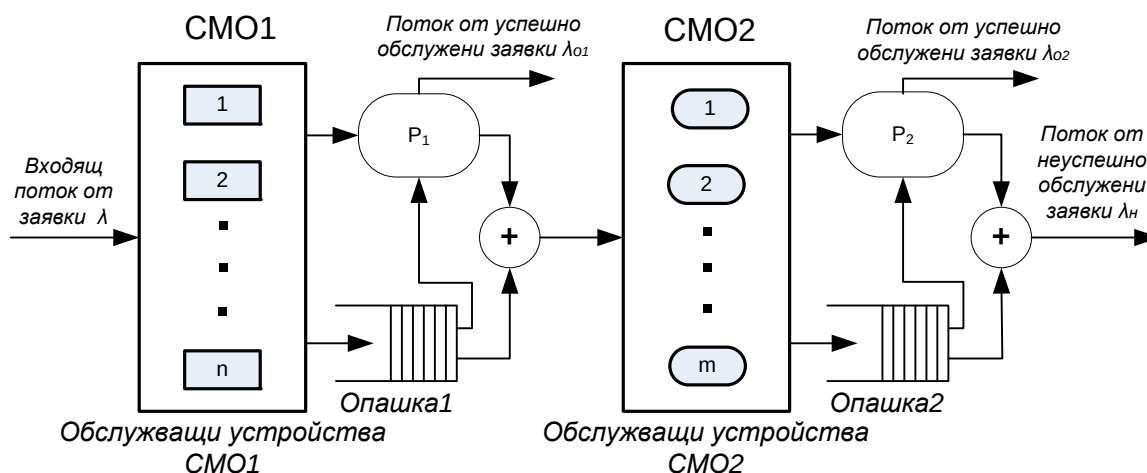
Целта на настоящата работа е с помощта на методите на стимулационното моделиране да се изследва процеса на функциониране на една отворена двустепенна (двуфазна) обслужваща система и се получат определени количествени оценки на съответните и характеристики.

Концептуален модел на системата

Функционирането на разглежданата двустепенна обслужваща система може да бъде представено като двуфазов процес, реализиран от две отворени последователно свързани системи за масово обслужване СМО1 и СМО2, всяка от които притежава определена структура, т.е. има определен състав и функционални връзки (фиг.1).

Изхождайки от конкретни практически съображения, входящият поток от заявки е реализиран като производен поток от входни заявки, получен чрез трансформация на поасонов входящ поток с интензивност λ . За целта всяка една заявка от поасоновия поток поражда две нови заявки, като моментът на постъпване на първата заявка съвпада с момента на постъпване на заявката от поасоновия поток, а втората заявка постъпва след определено закъснение спрямо първата, което може да бъде постоянно или случайно разпределено в зададен интервал.

Първата системата за масово обслужване (СМО1) може да бъде представена като отворена n -канална система за масово обслужване с ограничено време за пребиваване на заявката в системата, недостоверно обслужване, наличие на информация за резултата от обслужването и отсъствие на взаимопомощ между каналите. Всичките n обслужващи устройства са еднотипни по производителност и се характеризират с едно и също разпределение на времето за обслужване на отделните заявки. На входа на СМО1 постъпва производен поток от входни заявки, получен чрез трансформация на поасонов входящ поток с интензивност λ .



Фиг.1. Структура на двустепенната (двуфазна) обслужваща система

Ако в момент на пристигане на нова заявка всичките n обслужващи устройства (ОУ) са заети, то заявката постъпва в опашка за чакане. Ако по време на чакане се освободи поне едно ОУ, то заявката напуска опашката и се приема за обслужване от него, ако не се освободи ОУ - след изтичане на определеното за пребиваване в системата време, заявката напуска опашката и СМО1 необслужена, т.е. заявката е "нетърпелива" и постъпва в СМО2. Дисциплината на обслужване на заявките от опашката е по реда на тяхното пристигане, т.е. първа пристигнала, първа обслужена.

Ако при пристигане на нова заявка в системата има поне едно свободно ОУ, то тя се приема за обслужване само от едно (което и да е) от свободните ОУ, като при това заявката се оказва

обслужена не достоверно, а с вероятност P_1 . Ако резултатът от обслужването е отрицателен и времето за пребиваване на заявката в системата не е изтекло, то заявката отново се обслужва с вероятност P_1 от същото ОУ. Ако и при втория опит обслужването е неуспешно, след изтичане на времето за пребиваване на заявката в СМО1, същата напуска системата и постъпва в СМО2.

Обслужващото устройство се освобождава и се привежда се в състояние, което му позволява да обслужва нови заявки за случаен интервал от време, след първия успешен опит или след втория опит, независимо от неговия изход.

Втората система за масово обслужване (СМО2) може да бъде представена като отворена m -канална СМО с ограничено време за пребиваване на заявката в системата, недостоверно обслужване, наличие на информация за резултата от обслужването и пълна взаимопомощ между каналите.

На входа на СМО2 постъпва поток от заявки, формиран от необслужени заявки, напускащи СМО1. Всичките m обслужващи устройства са еднотипни по производителност и се характеризират с едно и също разпределение на времето за обслужване. Заявките се обслужват недостоверно на последователни етапи. При дефиниране на разпределението на времето за обслужване на заявката на съответните етапи се изхожда както от характеристиките на самите ОУ, така и от характеристиките на заявките. Количеството на ОУ участващи в обслужването на заявката на даден етап също е случайна величина. На даден етап заявката се обслужва успешно от едно ОУ с вероятност p , независимо от другите обслужващи устройства.

Всяко ОУ, което е започнало обслужване на дадена заявка, осъществява поне един етап от нейното обслужване. При успешно приключване на обслужването на заявката за дадения етап, ОУ задължително се освобождава. При неуспешно приключване на обслужването, участието на ОУ в следващия етап не е достоверно, а с определена вероятност. Обслужващото устройство се освобождава и се привежда се в състояние, което му позволява да обслужва нови заявки за случаен интервал от време.

Ако към момента на пристигане на нова заявка са заети k обслужващи устройства $k = (0, 1, 2, \dots, n-1)$, то $(m - k)$ обслужващи устройства ще осъществят първия етап от обслужването на новата заявка. По този начин, ако дадена заявка са започнали да обслужват $(m - k)$ ОУ, то вероятността за нейното обслужване P_2 ще бъде равна [3]:

$$(1) \quad P_2 = 1 - (1 - p)^{m-k}.$$

Ако в определен момент t всички n ОУ са свободни, то първата пристигнала заявка ще се обслужва от всичките m ОУ. Ако към момента на пристигането на нова заявка всичките m ОУ са заети, то тя ще постъпи в опашка за чакане, където в бъдеще може да бъде обслужена, ако за времето и на престой в опашката се освободи поне едно ОУ. Намирайки се в опашката, заявките са "нетърпеливи" и ако за времето на чакане не бъдат обслужени те я напускат, без да дочакат обслужване. Дисциплината на обслужване на заявките е FIFO – първа пристигнала, първа обслужена.

Необходимо е да се отбележи, че при по-задълбоченото и по-детайлно дефиниране на процеса на функциониране на двуфазната обслужваща система следва да бъдат отчетени редица параметри, отнасящи се до характеристиките и особеностите на потока от заявки, като време за пребиваване в системата, вид и траектория на движение, ешелониране, групиране, достъпност до ОУ и др.

Програмна реализация

В съответствие с представения по-горе концептуален модел на двуфазната СМО е разработен симулационен модел на същата с използване на софтуерния продукт за дискретно симулационно моделиране GPSS World на фирмата Minuteman Software [4].

Обслужващите канали и на двете последователно свързани системи за масово обслужване са симулирани чрез многоканални устройства, позволяващи както поединично, така и едновременно заемане на произволен брой канали и събиране на съответна статистическа информация за процесите в системата.

В СМО1 са организирани две опашки в едната, от които постъпват заявките, очакващи освобождаване на обслужващо устройство, а в другата – заявките, претърпели два последователни неуспешни опита за обслужване и окончателно напускащи системата. Всяка приета заявка се обслужва еднократно или двукратно за време, стойностите на което са равномерно разпределени в зададен времеви интервал. Вероятността за успешно приключване обслужването на заявката от дадено ОУ е постоянна и една и съща за всички ОУ.

За реализация на описания механизъм на обслужване в СМО2 са дефинирани съответни функции, позволяващи редуциране на ОУ, при неуспешно обслужване, съгласно приетите разпределения. Вероятността за успешно приключване на обслужването на заявката на даден етап се определя съгласно (1). За заявките очакващи освобождаването на ОУ е организирана опашка, която те напускат или при освобождаване на едно или няколко ОУ или при изтичане на времето за пребиваване на заявката в СМО2.

Чрез дефиниране на различни статистически таблици в симулационния модел са табулирани честотните разпределения на различни случайни величини, необходими при анализа на процеса на функциониране както на СМО1 и СМО2, така и на двуфазната СМО като цяло.

Условия на моделирането

Реализацията на симулационния модел и определянето на характеристиките на работа на системите е осъществена при следните общи параметри: интензивност на поасоновия поток от входни заявки, изменяща се в диапазона от $\lambda = 1$ заявки/min до $\lambda = 10$ заявки/min; закъснение между двойката заявки на производния входен поток, равномерно разпределено в интервала 3 ± 1 s.

За СМО1: две конфигурации на обслужващите устройства $n=2$ и $n=4$; време за обслужване на заявка, равномерно разпределено в интервала 10 ± 2 s; вероятност за обслужване на заявка от едно обслужващо устройство $P_1 = 0,65$, време за възстановяване след обслужване на заявка, равномерно разпределено в интервала 6 ± 1 s; максимално разрешени последователни опити за обслужване на заявка – два; максимално време за престой в опашката – 30 s.

За СМО2: обслужващи устройства $m=4$; време за обслужване на дадена заявка, равномерно разпределено в интервала 5 ± 2 s; вероятност за обслужване на дадена заявка от едно обслужващо устройство $p = 0,04$; време за възстановяване след обслужване на заявка, равномерно разпределено в интервала 3 ± 1 s; максимално време за престой в опашката – 15 s.

Анализ на резултатите от симулационните експерименти

Получените резултати от експериментирането на симулационния модел на двуфазната СМО позволяват да бъде направен анализ и дадена оценка на редица характеристики на процеса на нейното функциониране. От голямото многообразие на различни количествени показатели, с които може да бъде охарактеризирана ефективността на една СМО, определен практически интерес представлява вероятността за обслужване на заявката P_o , която в разглеждания случай на двуфазна СМО, функционираща в стационарен режим, може да бъде представена като:

$$(2) \quad P_o = \frac{\lambda_{o1} + \lambda_{o2}}{\lambda},$$

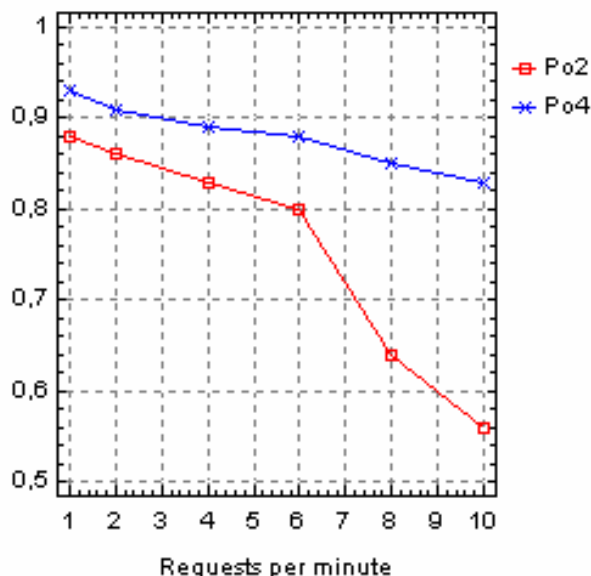
където:

λ – интензивност на входящия поток от заявки;

λ_{o1} – интензивност на потока от успешно обслужени заявки от СМО1;

λ_{o2} – интензивност на потока от успешно обслужени заявки от СМО2.

На фиг. 2 е дадена графичната зависимост на вероятността за обслужване на заявка в двуфазната СМО от интензивността на входящия поток от заявки λ при различен брой обслужващи устройства в СМО1 – съответно P_{o2} , при конфигурация на модела $n=2$ и P_{o4} , при конфигурация на модела $n=4$, реализирана с помощта на пакета за анализ на статистически и експериментални данни StatGraphics Plus на фирмата Manugistics, Inc.



Фиг. 2. Зависимост на P_o от λ при различен брой ОУ в СМО1

При малки стойности на интензивността на входящия поток от заявки, вероятността за обслужване на заявка от двуфазната СМО е сравнително висока, независимо от броя на ОУ в СМО1 като достига $P_{o2} = 0,88$ при конфигурация $n=2$ и $P_{o4} = 0,93$ при конфигурация $n=4$. Този факт основно се дължи на ниските коефициенти на натоварване (използване) на обслужващите устройства на съответните системи СМО1 и СМО2. Коефициентът на натоварване на ОУ от СМО1, при конфигурация $n=2$, е 0,156, а на ОУ от СМО2 – едва 0,023. Почти всички новопостъпили заявки, както на входа на СМО1, така и на входа на СМО2 са приети на обслужване, т.е. в момент на постъпване на заявка почти винаги е имало поне едно свободно ОУ. Заявките, постъпили в момент, когато всички ОУ са били заети и са постъпили в съответната опашка за СМО1 представляват 1,04%, а за СМО2 – 1,09%.

С увеличаване на интензивността на входящия поток от заявки вероятността за обслужване постепенно намалява, като при интензивност 6 заявки/мин тя достига стойности $P_{o2} = 0,80$ при $n=2$ и $P_{o4} = 0,88$ при $n=4$. При това коефициентът на натоварване на ОУ от СМО1, при конфигурация $n=2$ достига 0,752, а на ОУ от СМО2 – 0,239, в следствие на което в СМО1 не са приети веднага за обслужване 73,76% от новопостъпилите заявки, а в СМО2 – 42,94%. В опашката на СМО1 заявките очакващи обслужване средно са престояли 16,37 s, при средна дължина от 1,23 заявки и максимална дължина от 14 заявки, а в опашката на СМО2 заявките очакващи обслужване средно са престояли 7,15 s, при средна дължина от 0,11 заявки и максимална дължина от 7 заявки.

По-нататъшното увеличаване на интензивността на входящия поток от заявки води до по-значим спад на стойностите на вероятността за обслужване, по ярко изразен при конфигурацията на модела с $n=2$ обслужващи устройства в СМО1. При тази конфигурация и интензивност на входящия поток от заявки от 8 заявки/мин, едва 14,24% от новопостъпилите заявки са постъпили в СМО1 в момент, когато поне едно ОУ е било свободно и веднага се е пристъпило към тяхното обслужване. В потвърждение на това е и сравнително високият коефициент на натоварване на ОУ от СМО1, който достига 0,862. За СМО2 коефициентът на натоварване е 0,348 като процентът на заявките, постъпили в СМО2 в момент, когато е свободно едно или повече ОУ е по-висок и достига 51,20%, но поради ниските стойности на вероятността за обслужване на заявките от самите ОУ, този факт не оказва съществено значение. Максималната дължина на опашките и в двете системи се е запазила една и съща - съответно 14 заявки за СМО1 и 7 заявки за СМО2, но почти два пъти се е увеличила средната дължина – 2,36 заявки за СМО1 и 0,21 заявки за СМО2. Незначително се е увеличило средното време за престой в опашките, като за СМО1 е достигнало 17,56 s, а за СМО2 – 0,23 s.

Запазването на максималната дължина на опашките и при двете системи СМО1 и СМО2, при увеличаване на интензивността на входящия поток от заявки едновременно с увеличаване и на времето за моделиране, позволява да се направи предположението, че при така дефинираните условия отворената двуфазна система за масово обслужване все още съхранява стационарен режим на функциониране.

Заклучение

Извършеният кратък анализ на процеса на функциониране на представената двуфазна система за масово обслужване, функционираща в условията на описания произведен поток от входни заявки, и получените оценки на нейната вероятност за обслужване P_o , могат да бъдат използвани при вземане на решения за ефективни практически приложения.

Литература

1. А л ь н а х И. Моделирование вычислительных систем. Машиностроение, Л., 1988.
2. О б р е т е н о в А., Б. Д и м и т р о в. Справочник по масово обслужване. Наука и изкуство, С., 1979.
3. Ф е л л е р В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. т. 1, "Мир", М., 1984.
- 4 General Purpose Simulation System World: Reference Manuel. Minuteman Software, www.minutemansoftware.com, 2002.

СЪВРЕМЕННО СЪСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ НА ТЕРМОВИЗИОННИ СИСТЕМИ

Младен Младенов

*Военна академия "Г. С. Раковски", Институт за перспективни изследвания за отбраната
e-mail: mlm@bitex.bg*

Ключови думи: *термовизия, инфрачервен, фотоприемници, диапазон*

Резюме: *Показано е съвременното състояние на един основен клас прибори и системи за наблюдение и мерене – термовизионните системи. Разяснени са особеностите на този клас прибори и възможностите им. Представени са и основни характеристики на термовизионните системи, приложението им, както и някои възможни пътища за развитие.*

CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF THERMOVISION SYSTEMS

Mladen Mladenov

*Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
e-mail: mlm@bitex.bg*

Keywords: *thermo vision, infrared, photo receivers, ranges.*

Abstract: *The paper describes the state of one basic class of devices and systems for observation and recognition – thermovision systems. The main characteristics of thermovision systems are described, as well as their implementation and possibilities for development.*

Понастоящем термовизионните прибори се използват широко в практиката – разузнаване, наблюдение, премерване, охранни и предупредителни системи, управление на транспортни средства, търсене и откриване на мини, търсене на ранени и пострадали на бойното поле и при стихийни бедствия и произшествия и т.н. В последните години се наблюдава стремително развитие на този клас прибори и появата на нови системи с подобрени параметри, осигуряващи повишени възможности на въоръжението и техниката, където се използват. Те има редица предимства в сравнение с другите прибори и системи за наблюдение и разузнаване – големи дистанции на наблюдение независимо от нивото на осветеност (това позволява работата им през цялото време на денонощието и през всички годишни сезони), независимост от естествени и преднамерени светлинни смущения, значително по-слабо влияние на атмосферния канал върху разпространението на топлинното лъчение от мъглата, прахта, задимяване, дъжд, сняг и т.н. Забележително свойство на този клас прибори е възможността им да приемат топлинното лъчение през прегради и среди, непрозрачни за лъчение от видимия или близкия инфрачервен диапазон – маскировъчни мрежи, листа и клонове, прегради от различни материали и т.н. Това осигурява възможност за наблюдение маскирани и скрити зад прегради цели и обекти.

Принципът на действие на термовизионните прибори се основава на преобразуването на естественото топлинно излъчване от целите и обектите във видимо изображение. Задължително условие за формиране на изображението е да има разлика в температурите между целта и обкръжаващия фон, а в границите на един обект – между отделните му елементи. Колкото е по-малка разликата в температурния контраст между целта и фона, която се регистрира от прибора, толкова е по-висока неговата чувствителност (обикновено съвременните прибори могат да възприемат разлика в температурния контраст до 0,05 – 0,1 K). Основно тези прибори работят в средната (3-5 μm) и дълговълновата (8-14 μm) част на инфрачервения (ИЧ) диапазон на светлинното лъчение.

Създаването и развитието на съвременните термовизионни системи започва в началото на 60-те години на миналия век. Реализацията на приемните им системи им се базира на два основни класа приемници – фотонни и термични (топлинни). Фотонните приемници преобразуват попадналия върху

тях поток фотони в електрически сигнал вследствие непосредственото взаимодействие на фотоните с фотоприемника. Топлинните приемници поглъщат попадналия върху тях поток фотони, като този поток променя някои от основните характеристики на приемника – температура, електропроводимост, поляризация, капацитет и т.н. Понастоящем този клас приемници са основни при реализацията на широк клас термовизионни прибори и системи и те са предмет на настоящата работа. Развитието им е по две основни направления – чувствителен елемент на системата дискретен приемник на топлинно лъчение, работещ с механична система за сканиране на изображението и такива без механична система за развивка. На тази база в различните литературни източници се посочват четири типа поколения термовизионни системи [1,2]:

I-во поколение – термовизори, използващи единични приемници на лъчение и двумерна развивка на изображението с помощта на сканираща оптико-механична система;

II-ро поколение – използват се едномерни фотоприемни линии и едномерна оптико-механична развивка на изображението;

III-то поколение – базират се на фотоприемни матрици, реализирани като 2 – 6 линии със системи за закъснение и натрупване на сигнала и едномерна оптико-механична развивка на изображението;

IV-то поколение – това поколение използва т.нар. “фокално-плоски двумерни многоелементни матрици” на фотоприемника (FPA – Focal Plane Array) без използване на оптико-механични системи за развивка на изображението.

Тази класификация в голяма степен е условна и в някои отношения противоречива. Тя се базира на широко използваното в практиката деление на генерации, прието за приборите за нощно виждане, използващи електронно оптични преобразователи (ЕОП) като приемно устройство. Това в определена степен е логично, тъй като, както и при приборите за нощно виждане, характеристиките на приемника при термовизионната система определят в значителна степен характеристиките и особеностите на системата като цяло. В същото време базирането само на геометрията на приемника не е много коректно и понякога води до неправилни изводи. Така например, ако се базираме само на така посочения подход за класификация, без отчитане на различни допълнителни особености, ще се получи следния парадокс – високочувствителен и качествен термовизор, използващ приемник на базата на охлаждаема матрица 2х288 елемента, се разглежда като термовизор от трето поколение, докато евтин и с по-слаби параметри термовизор, използващ приемник на базата на микроболометър от VOx или аморфен силиций, се отнася като такъв от IV поколение. Причината за това противоречие се корени във факта, че се изключват от разглеждане други, не по-малко важни характеристики на приемника - минимална температурна разделителна способност, ограничена от шумовете температурна чувствителност, времевата постоянна и т.н. Следователно, необходимо е по-точно и по-коректно да се подхожда при класификацията на термовизионните системи от гледна точка на технически обективна и обоснована база за сравнение, за да се избегне двусмислието и едностранчивостта при класифицирането им. Вариант на такъв подход би могъл да бъде употребата на критерий за техническа ефективност на термовизионния приемник, базиращ се на основната задача, решавана от термовизионната система – визуализация на термичното поле при даден пространствен период при зададен телесен ъгъл за определено време на формиране на кадъра. Необходимо е още да се зададе необходимата температурна разделителна способност при мигновено ползване по хоризонтала и вертикала. По този начин ще се определи в значително по-голяма степен точността на т.нар. “коефициент на ефективност” на приемника, включващ всички основни физически характеристики на този приемник, определящи обобщените чувствителност и ефективност на термовизионния прибор като цяло. Този подход позволява лесно и бързо да се определят параметрите на проектирания или анализиран термовизор, базирайки се на характеристиките на приемника. Възможен е и обратният подход – да се подбере правилно и точно приемното устройство, неговият тип, броят и характеристиките на елементите в него и т.н, изхождайки от изискването за обезпечаване на необходимите характеристики на термовизионния прибор (система). На тази основа може, следвайки подхода, предложен в [3], да се построи т.нар. “скала на еквивалентността” на приемните устройства. Чрез нея може да се определи типа на приемника, осигуряващ необходимите параметри на термовизионния прибор. Еквивалентността на приемниците се установява, сравнявайки техните коефициенти на ефективност и оттук по скалата на ефективността може да се направи извод за икономическата ефективност на този или онзи приемник и съответно на целия термовизор. Използването на класификацията на термовизорите, изхождайки от термина “поколение на приемното устройство” придобива вече друго значение - по-скоро като времево за поява на приемника, но не като критерий за неговата ефективност и качество на работа. Стилистично по-точна класификация на термовизионните прибори и системи би било въвеждането на класифициране на приемните устройства и приборите на тяхна база чрез въвеждането на термина “ниво на коефициента на ефективност”. С оглед на неговата стойност е значително по-коректно класифицирането на термовизионните системи от гледна точка на тяхното приложение в практиката.

От всички приведени по-горе разсъждения може да се направи следният обобщен извод – перспективни и подходящи приемници за съвременните термовизионни прибори са тези, базирани на Focal Plane Array технологията.

Основните предимства на тези прибори са: отсъствие на оптико-механична развивка на изображението и съответно малка маса, габарити и енергопотребление, безшумна работа, много добро отношение сигнал/шум и качество изображението, голям динамичен диапазон, възможност за лесно свързване с компютърна и видео- и ТВ-апаратура, цифрова обработка на изображението в реално време и т.н. Съвременните Focal Plane Array ИЧ приемници могат да се реализират на основата на различни материали – халкогениди на оловото (PbS, PbSe), твърдия разтвор “кадмий-живак-телур” – HgCdTe (КЖТ), индиев антимонид (InSb), платиниев силицид (PtSi), примеси на силиция (Si:x) и германия (Ge:x), многослойни структури с квантови ями на базата GaAs/AlGaAs – т.нар. QWIP детектори (QWIP – Quantum Well Infrared Photodetector), микроболометри и пироелектрици [2].

Интерес представлява развитието на приемните устройства, реализирани на микроболометри, което технологично направление придобива все по-голямо значение напоследък.

Принципът на работа на микроболометъра се базира на изменение на съпротивлението на материала при поглъщане на попадналото върху приемника ИЧ-лъчение. Приборите, реализирани на тяхна основа, привличат все повече вниманието върху себе си, благодарение на сравнително пониската, в сравнение с другите типове термовизори, цена. При голямото предлагане на пазара все още има голяма степен на неинформираност на потребителите относно технологиите, използвани при производството на термовизионната апаратура. Това може да предизвика нееднозначни изводи за приборите по критерия “цена-ефективност”. Следователно за правилния избор е необходимо да се анализират тенденциите в развитието на съвременните технологии за изработката на неохлаждаемите приемници, каквито са микроболометрите. Понастоящем най-голямо разпространение имат микроболометрите, реализирани по 2 основни технологии – тази на ванадиев оксид и на технологията, използваща т.нар. “алфа силиций” или още известен като “аморфен силиций”. В таблицата по-долу е представено сравнението между характеристиките на приемниците от двата вида .

Сравнение на микроболометри на ванадиев оксид (VOx) и аморфен силиций

Параметър	VOx	alpha-Si
Номинален импеданс	100КОм	1МОм
Най -малък размер на пиксела	25	30
ТКС (температурен коефициент на съпротивление), %	-2,5	-2,5...-5,0
Температурен диапазон, °C	-40...+55 или -20...+70	0...+60
Нестабилност на изображението	Лека	Силна
Чувствителност, мК	30	100

Болшинството прибори на базата на неохлаждаеми микроболометри се използват за целите на разузнаването, наблюдението, за различни мерни прибори, при охранителна и патрулна дейност, при противопожарни и специални служби, ремонт на техника и др. Термовизионните прибори на базата на микроболометрични приемници се характеризират с голям брой възможни приложения. Това предполага тяхната перспективност и широкото им приложение в по-близък и далечен план.

Литература

1. К о в а л е в А. В., В. Г. Ф е д ч и ш и н, М. И. Щ е р б а к о в. Тепловидение сегодня.//Специальная техника, 1999, № 3,с.13 – 18, 1999,№ 4, с.19 – 23.
2. Miller J. L., H. Duvoisin, G. Wiltsey. Applications and performance of an uncooled infrared helmetcam. SPIE, Vol. 3436, 1998, pp.566-571.
3. В о л к о в В. Г., А. В. К о в а л е в, В. Г. Ф е д ч и ш и н. Тепловизионные приборы нового поколения, Специальная техника, 2001, № 5, № 6

NEW MEANS AND DEVICES FOR PROTECTION AND CONSEQUENCE MANAGEMENT IN CASE OF TERRORIST ACTS INVOLVING TOXIC CHEMICAL SUBSTANCES

Ivan Popov¹, Georgi Popov²

¹Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute

²Kingston Environmental Services, Inc., USA

e-mail: igpopov@bitex.bg

Keywords: air-purifying respirators, supplied-air respirators, skin protection devices

СЪВРЕМЕННИ СПОСОБИ И СРЕДСТВА ЗА ЗАЩИТА И ЛИКВИДИРАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ПРИ ТЕРОРИСТИЧНИ АТАКИ С РАДИОАКТИВНИ АГЕНТИ

Иван Попов¹, Георги Попов²

¹Военна академия "Г. С. Раковски", Институт за перспективни изследвания за отбраната

²Кингстън Енвайрънментал Сървисиз, Канзас Сити, САЩ

e-mail: igpopov@bitex.bg

Ключови думи: радионуклеиди, радиоактивно заразяване, дезактивация, средства за защита

Резюме: Разгледани са възможните терористични атаки с радиоактивни агенти и мащабите на заразяване на различни обекти. Разяснени са особеностите на радиоактивното заразяване и възможното въздействие на радионуклеидите върху човешкия организъм и околната среда. Описани са физикохимичните процеси протичащи при отстраняване на радиоактивните частици и миещите свойства на съвременните рецептури за дезактивация. Обосновани са характеристиките на съвременните средства за индивидуална и колективна защита и най-ефективните способности и средства за дезактивация на различните обекти.

Събитията през последните години (ядрени аварии, терористични актове, скрито производство на химични и биологични оръжия) показват, че вероятността войсковите формирования, участващи в разнообразни мисии и операции да срещнат РХБ агенти е висока. Това налага своевременно изучаване на поразяващото въздействие на РХБ агентите, ефективните средства за защита от тях, както и способите и средствата за тяхното отстраняване и обезвреждане от заразените обекти.

Радиологични агенти са радиоактивни частици в твърда, течна или газообразна фаза, които засягат кожата, тъканите, клетките на външни и вътрешни органи и могат да причинят лъчева болест. Разпадането им е свързано най-вече с α -излъчване и в редки случаи γ -излъчване [1,3].

В миналото, радиологично или ядрено оръжие бяха класифицирани на основа използване на взрив от радиоактивни материали.

В днешния, нов свят, където ядрената война е малко вероятна, радиологичното оръжие е предопределено като оръжие на терористи, използващи Cs-137, Sr-90, Co-60, S-38 и др. в много локализиранни конфликти [3].

Радиологичното оръжие има редица преимущества. На първо място е лесното му разпространяване (разпръскване) и поразяващото въздействие върху цялото тяло. Заразяването може да се извърши и по активен способ чрез взривяване на боеприпаси. Използването на радиологични агенти е съпроводено с висока степен на фактора на шока. Страховитият ефект се увеличава и от медиите, отразяващи "Мръсната бомба". Съществено преимущество е и дълговременното заразяване на различни обекти и области. Така например, ако периодът на

полуразпад на S-38 е 2,48 часа, то на Cs-137 е 30 години. Дезактивацията на заразените обекти и райони е изключително скъпа и трудна, а в някои случаи и невъзможна. Преимущество на радиологичното оръжие е и възможността за дълговременно съхранение на склад.

По-съществени недостатъци на радиологичното оръжие са:

- трудности за получаване в големи количества и защита на производителите при зареждане в бойни системи за употреба;
- лесна детектируемост на радиоактивен материал, отделящ бета и гама излъчвания;
- малка ефективност на разпространение в околната среда (радиоактивният материал е с висока относителна маса и не може да бъде разнесен далеч от вятъра).

Поразяващото действие на радиологичните агенти се дължи на облъчването (външно - β -частици и γ -лъчи) и вътрешно (α - и β -частици). При външно облъчване опасността е най-голяма при облъчване с γ -кванти. Алфа и бета-частиците са опасни, когато радионуклидите се натрупват върху незащитена или наранена кожа. Най-опасно е вътрешното облъчване, когато радиоактивни продукти попаднат в организма поради високата йонизираща способност на излъчване на α - и β -частиците.

Поразяващото действие на радиологичното оръжие върху човека се изразява в лъчева болест. В зависимост от погълнатата доза се различават четири степени на лъчева болест [3,4]. Първа степен на лъчева болест се получава при погълнати дози на облъчване от 0.8 до 2.0 Gy ; втора от 2.0 до 3.2 Gy; трета от 3.2 до 4.8 Gy и четвърта над 4.8 Gy.

При взаимодействие на йонизиращото лъчение с биологичната тъкан, вследствие на йонизация и възбуждане се образуват молекули и радикали, даващи начало на химични реакции, при които могат да бъдат засегнати и увредени жизненоважни субклетъчни структури [3]. Счита се, че главно звено в тези реакции са продуктите от радиолизата на водата - йоните H^+ , OH^- , HO_2^- , които имат голяма химична активност.

Увреждането на клетките се дължи главно на нарушаване на структурата. Експериментално е доказано, че някои от уврежданията на клетките са обратими и те могат да се възстановяват. Също така не всички увреждания водят до смърт на клетката и ако тя не се възстанови до първото делене след облъчването, измененията ще се предадат на дъщерните клетки. Това може да доведе или до тяхната смърт, или до промяна жизнеспособността и специфичните им функции.

Поразяващото действие на човека може да се прояви в различни форми и степени - от незначителни функционални смущения и леки структурни увреждания на отделни негови органи и тъкани до смъртта му, както и в различно време след облъчването.

Канцерогенното действие на йонизиращите лъчи се смята, че съществува при почти всички тъкани. Със сигурност е установено предизвикването на някои видове левкози (злокачествени заболявания на кръвоносната система).

Генетичният ефект от радиоактивното облъчване е свързан с увреждането на гена, при което преминава в нова устойчива форма, която се възпроизвежда в дъщерни клетки. Този процес се нарича мутация. Ако мутацията е станала в полова клетка, нейното евентуално участие в оплождането би довело до предаване на тази мутация на всички клетки на новия организъм.

Радиологично средство за разпръскване може да разстели радиоактивен материал на големи площи. В резултат на това може да бъдат заразени сгради, техника, водоизточници, облекло и снаряжение и др. както с течни аерозоли така и с твърди частици. При контакт на радиоактивните частици с повърхностите възниква адхезионно и адсорбционно взаимодействие. В резултат на дифузионни и други процеси радионуклеидите могат да проникнат в дълбочина на заразените повърхности, осъществявайки дълбочинно заразяване. В зависимост от физико-химичните процеси заразяването може да бъде адхезионно, повърхностно и дълбочинно. Затова дезактивацията на заразените обекти и райони е изключително скъпа и трудна, а в някои случаи и невъзможна. В процеса на дезактивация е необходимо да се извлекат радиоактивните вещества, проникнали в дълбочина или да се отстранят радионуклеидите от повърхността.

Процесите на заразяване предопределят и способите за отстраняване на радиоактивните частици. В реални условия може да има съчетание от няколко вида заразяване в различна последователност. Така при попадане на радиоактивни вещества във вид на капчици първоначално определяща се явява адхезията на капчиците към твърдата повърхност. В тези условия отстраняването на капчиците гарантира надеждна дезактивация. С увеличаване времето на контакта радиоактивните изотопи в капчиците се адсорбират на повърхността и този процес става определящ фактор на заразяването, от който зависи ефективността на дезактивацията. След дезактивацията заразените обекти трябва да бъдат такива, че да изключат поражение на хората и да гарантират тяхната безопасност. Затова дезактивацията предполага не просто отстраняване на радиоактивните замърсявания а отстраняване с необходимата пълнота или ефективност. Ефективността на дезактивация може да се оценява с различни величини.

Ако се обозначи с A_H началното заразяване на образеца, а с A_K крайното заразяване (след дезактивацията), то ефективността на дезактивацията може да се определи по съотношението [4]

$$(1) \quad \alpha_d = \frac{A_K}{A_H} 100\%$$

Величината α_d показва частта на радиоактивните вещества в проценти от началото на заразяване, която е останала на обекта след дезактивацията.

Величината β_d определя, каква част от началното заразяване в проценти е отстранена от обекта в резултат на проведената дезактивация [3,4]

$$(2) \quad \beta_d = \frac{A_H - A_K}{A_H} 100\%$$

Освен това, ефективността на дегазация се оценява чрез коефициента на дезактивация

$$(3) \quad K_d = \frac{A_H}{A_K}$$

Коефициентът на дезактивация, характеризиращ степента на дезактивация, показва колко пъти се е намалила заразеността на обекта в резултат на проведената дезактивация на повърхността.

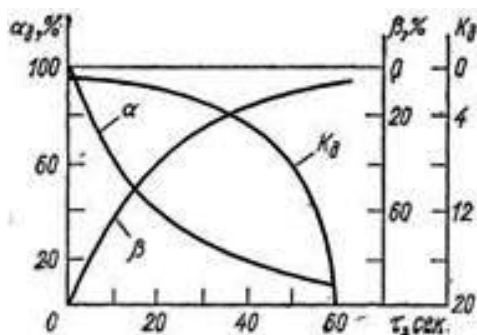
Понякога за относително големи значения на коефициента на дезактивация се използва логаритъмът на тези значения, които се обозначават с D_d и се наричат индекс на дезактивация [3,4]

$$D_d = \lg \frac{A_H}{A_K} = \lg K_d$$

Между величините, определящи ефективността на дезактивация съществува определена взаимовръзка:

$$\alpha_d = 100 - \beta_d; \quad K_d = \frac{100}{\alpha_d}; \quad D_d = \lg K_d$$

Връзката между величините K_d , D_d , α_d и β_d е показана на фиг. 1 [4]



Фиг.1. Зависимост на ефективността на дезактивация от времето за обработка

От графиката е видно, че изменението на величината α_d е обратно пропорционална на изменението на величината β_d . Заразяването след дезактивацията винаги е по-малко от началното заразяване, поради което коефициентът $K_d > 1$. Обикновено коефициентът на дезактивация не превишава 1000. Пълното отстраняване на замърсяванията от заразен обект е невъзможно, поради което е въведено понятието “необходим коефициент на дезактивация”. Физическият смисъл на този коефициент е гарантиране отстраняването на радионуклеидите от заразените повърхности до премахване опасността за облъчване на хората и предотвратяване попадането на радиоактивни вещества в организма.

При дезактивацията трябва да се преодолеят силите на адхезия, което на практика означава че на прилепналите към повърхността радиоактивни частици трябва да се действа с външни сили, равни или превишаващи адхезионното взаимодействие. Това е основното условие определящо първия стадий на процеса – откъсване на прилепналите частици. След откъсването радиоактивните частици трябва да бъдат отстранени от обработваемата повърхност (втори стадий). Съществуват различни методи за дезактивация, които осигуряват необходимата степен на дезактивация. Колкото и разнообразни да са способите, те се обединяват от една и съща основа – откъсване на радиоактивните

частици и отстраняването им от заразената повърхност. Най-общо всички способности могат да се разделят на безтечностни и течностни. Към безтечностните способности се отнасят обдухване на повърхността с въздушен (газов) поток, прахозасмукване и протриване със сухи тампони. За по-висока ефективност при дезактивация с въздушен поток са необходими високи скорости на въздушния поток, което на практика е трудно реализуема. Затова ефективността по този способ е незначителна; обикновено коефициентът на дезактивация не превишава 10[4].

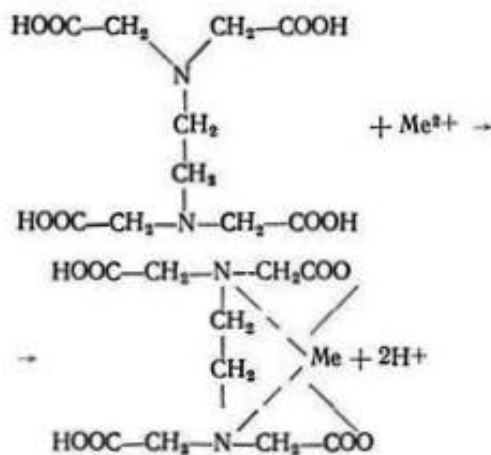
По-висока ефективност се постига по втория способ-прахозасмукване. Откъсването на частиците по този способ протича не само под въздействие на въздушния поток, но и от и в резултат от механичното въздействие с четка. Ефективността на дезактивация по този способ е съизмерима с ефективността на дезактивация с използване на вода. При дезактивация със сухи тампони протича процес на пренос на радиоактивните вещества. Коефициентът на дезактивация в тези случаи се колебае в пределите от 16 до 80 [3].

Към течностните способности за дезактивация се отнасят използването на водна струя в непрекъснат и капкообразен поток, а така също при протриване с четка. Независимо от разнообразието на течностните способности те имат общ механизъм: откъсване на частиците под действието на удара на капките и отстраняването им под действието на движещата сила на движещия се слой течност.

Ефективността на дезактивация забележително се повишава при използване на водни разтвори с повърхностноактивни вещества (ПАВ). Основна причина за това е намаляване на повърхностното напрежение на рецептурата, осигуряващо лесно откъсване на частиците от заразената повърхност. Обикновено ПАВ се разделят на два класа: йоногенни и не йоногенни. Изборът на ПАВ в значителна степен се определя от условията на заразената повърхност. Така например при заразяване на повърхността с радионуклеиди притежаващи катионидни свойства, най-ефективни се явяват анионоактивните ПАВ (соли на висшите мастни киселини, соли на сулфоестери, алкилирани ароматни въглеводороди, алкилбензилсулфонати и др.)

В практиката на дезактивация широко се използват синтетични миешки средства под различни фирмени наименования в основата на които са различни видове сулфаноли [6].

За подобряване ефективността на дезактивацията в рецептурите се добавят комплексообразуващи вещества, които не само свързват радиоактивните йони, но се явяват активатори на миешкия процес. В качество на комплексообразуващи вещества преди всичко се използват хелатни съединения, с основен представител етилендиаминтетраоцетна киселина (ЕДТА) и нейната натриева сол. Образуването на здрави комплексни съединения на радионуклеидите с тях протича по следната схема [4]:



Освен комплексообразуване с радиоактивните изотопи ЕДТА свързва катионите на калция и магнезия, които обуславят твърдостта на водата. По този начин те допринасят за подобряване на миешкия процес. Разтворите с добавка на ЕДТА се явяват антикорозионни средства и предотвратяват вторичната сорбция на изотопи. Влиянието на ЕДТА на ефективността на дезактивацията може да се илюстрира със следния пример. Коефициентът на дезактивация на памучни тъкани при обработка с разтвор, съдържащ само ПАВ, не превишава 6. При добавка на ЕДТА, коефициентът на дезактивация се увеличава до 40 [4].

Ефективни средства за защита на дихателните органи и кожата при дейности в райони, заразени с радиологични, химични и биологични агенти, както и при провеждане на специална обработка на заразени обекти са филтриращите противогази и филтриращите защитни облекла [5]. Приетият на снабдяване в БА филтриращ противогаз ПФ-90, производство на „Зебра“ АД е

предназначен за защита на дихателните органи и лицето от бойни отровни вещества, радиоактивни вещества и бактериални средства.

Основни характеристики на филтриращия противогаз са:

- съпротивление при вдишване при непрекъснат въздушен поток 30 l/min – максимум 0,3 μ bar;
- съпротивление при издишване при непрекъснат въздушен поток 30 l/min – максимум 0,8 μ bar;
- коефициент на просмукване на маслена мъгла /при концентрация на маслената мъгла 2500 mg/m³ – до 0,0001 %;
- период на защита на кожата на лицето от въздействието на капко-течни отровни вещества – минимум 8 часа;
- общо поле на зрение – минимум 70 %;
- бързо и удобно поставяне и сваляне посредством 6–точков гумен закрепващ елемент.



Фиг. 2. Филтриращ противогаз ПФ-90

Ефективни средства за защита на кожата от радионуклеиди, бойни отровни вещества и биологични агенти са филтриращите защитни облекла. С най-добри характеристики са облеклата на фирма „Блюхер“:

Основни характеристики:

- защита от пари и капки на бойни отровни вещества – не по-малко от 12h;
- устойчивост срещу топлинна радиация – импулс от 60 J/cm² – за 66 s;
- пропускливост на въздух – минимум 167 mm/s, максимум – 915 mm/s.

Задълбоченото познаване на най-ефективните способности и средства за дезактивация и своевременната обработка на заразените обекти е гаранция за бързо отстраняване радионуклеидите агенти и свеждане до минимум на тяхното вредно въздействие.

Литература:

1. Dr. Norbert Gass, Degradation in operational capabilities due to decontamination of force unit, Canada, 2004.
2. Франке З. „Химия на отровните вещества“, Москва, 1976 г.
3. Симеонов А., Е. Христови др., Гражданска отбрана, София, 1986 г.
4. Зимон А. Д. Дезактивация, Москва, 1976 г.
5. Stanag 2352 NBC (издание 4) – снаряжение за ядрена, химическа и биологична.
1. Зимон А. Д. Адхезия жидкост и смочивание, Москва, 1976 г.

СЪСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ЗА РАЗВИТИЕТО НА СЪВРЕМЕННИТЕ СРЕДСТВА ЗА ИНДИВИДУАЛЕН ДОЗИМЕТРИЧЕН И РАДИОМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ

Любомир Витанов

Военна академия "Г.С.Раковски", Институт за перспективни изследвания на отбраната.

STATE OF AFFAIRS AND DEVELOPMENT TRENDS OF NEW GENERATION DEVICES FOR PERSONAL RADIATION DETECTION AND MEASUREMENT

Lyubomir Vitanov

*Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
e-mail: vitanov.lpv@abv.bg*

Keywords: radioactive contamination, radiation, doze

Abstract: *The possibility for operation of the Armed Forces in the conditions of radioactive contamination is real. The threat of terrorist acts using the so called "dirty bombs", the increasing number of countries possessing nuclear weapons and the trends for construction of nuclear power worldwide enhance the risk of occurrence of emergency situations accompanied by release of radiation. All of these require continuous development and enhancement of the devices measuring radioactive contamination levels, doses and dose capacity of the staff. During the recent years, new devices with enhanced capability for determination of radiation levels and dose intake were developed. Such devices have the feature to translate the received data and to serve as primary sources for the systems assessing the actual radioactive situation. The enhanced capabilities for measurement of low radiation levels allow making assessment of the ecological danger in the affected areas.*

The report examines the new devices for measurement of radioactive contamination and doses intake, the methods and principles of operation, and analyses their advantages and disadvantages, providing conclusions and recommendations to assist the commanders in the decision making process aiming to preserve the health and fighting efficiency of the staff, as well as to assess the ecological parameters and to protect the environment.

Възможността за действия на войските в условия на радиоактивно замърсяване е реална. Увеличаването на страните, притежаващи ядрено оръжие и тенденциите за изграждане на нови атомни електроцентрали в световен мащаб увеличават риска от създаване на сложна радиационна обстановка. Заплахата от терористични актове с използване на т.нар. «мръсни бомби» става все по реална. Тези фактори изискват непрекъснатото развитие и усъвършенстване на апаратурата за измерване на нивата на радиоактивно заразяване и дозите получавани от личния състав. Последните години се разработват нови средства с широки възможности. Приборите могат да предават получените данни и да служат като първични датчици за системите за оценка на фактическата радиационна обстановка. Повишените възможности за измерване на ниски нива на радиация позволяват да се направи оценка и на екологичната опасност в засегнатите райони.

В доклада са разгледани съвременните средства за измерване на радиоактивно заразяване и получените дози във въоръжените сили, новите методи и принципи на работа на приборите. Анализирани са предимствата и недостатъците им. Направени са изводи и препоръки, които ще помогнат на командирите да вземат адекватни решения с цел запазване здравето и боеспособността на личния състав, както и за екологичната защита и опазването на околната среда.

Трайното увеличаване цените на петрола извеждат като приоритет алтернативните енергийни източници. Все повече страни се обръщат към ядрената енергия, като икономически изгодна и с най-малко въздействие върху околната среда. Радиоактивните материали имат все по-широко разпространение и повишават вероятността от замърсяване. То може да е предизвикано от промишлена авария или преднамерено използвано при терористичен акт. Източниците могат да бъдат военни, промишлени, медицински, аварии в АЕЦ или хранилища за радиоактивни отпадъци.

Основните дейности, които се извършват в условията на радиоактивно замърсяване са: постоянен контрол на радиационната обстановка в района, установяване началото на замърсяването, измерване мощността на експозицията¹, определяне на индивидуалните дози на облъчване и въздействието им върху здравословното състояние на хората.

За определяне на получената доза от личния състав при наличие на източници на йонизиращи лъчения се извършва дозиметричен контрол. [3] Дозата може да се определи индивидуално или колективно (по показанията на един дозиметър се съди за получената доза на група хора).

Ядрените уреди за извършване на дозиметричен контрол на облъчването са гама-, неутронни дозиметри и гама- дозиметри.[1,2]

За пресмятане на дозата често се налага да се измерва мощността на експозицията (степен на радиация) в полето на йонизиращо лъчение. Тази дейност се нарича радиационно разузнаване на местността и се извършва с рентгенометри.

Оценката на дозите от външно и вътрешно облъчване за работещите в условията на йонизиращи лъчи в промишлеността се извършва съгласно Наредба за основни норми за радиационна защита. [3]

Приборите, които се използват за оценка на лъченията имат общо название - електронни ядрени уреди (блокове и устройства) [2]. Електронните ядрени уреди [1,2] са предназначени за измерване характеристиките на ядрените лъчения или използват тези лъчения за определяне на други величини. Те се разделят на:

1. Уреди за измерване характеристиките на йонизиращите лъчения - дозиметри (за измерване на погълнатата доза, мощността на експозиционната доза, за измерване средната скорост на броене (интензиметри) и с комбинирани функции за измерване).

2. Уреди използващи йонизиращите лъчения за измерване на други величини: радиометри; спектрометри; универсални уреди.

Според вида на регистрираното лъчение уредите се подразделят: - за алфа лъчение; за бета лъчение; за гама лъчение; за рентгеново лъчение.

Всички електронни ядрени устройства имат възприемащи устройства (детектори), които работят на различни принципи. Те превръщат енергията на йонизиращото лъчение в друг вид енергия, подходяща за регистриране и измерване.[1]

В дозиметрите се използват основно:

- йонизационните детектори (йонизационни камери);
- Гайгер-Мюлерови детектори;
- кристални и полупроводникови детектори;
- радиолуминесцентни детектори (сцинтилационни).

Основни изисквания към дозиметрите съгласно действащата в страната нормативна уредба

Дозиметрите ще се използват предимно в аварийни ситуации. Това определя и основните изисквания към тях. Устройствата трябва да са устойчиви на външни въздействия и да дават информация както за еднократно въздействие на йонизиращото лъчение, така и да сумират дозите за продължителен период от време.

Основните изисквания за индивидуалният дозиметър с пряко отчитане са:

- Да дават възможност за осъществяване на визуално и електронно отчитане.
- Показанията да са пряко показващи в цифров формат и да включват освен получената дозата и времето на отчитане, идентификация на носителя, серийния номер на уреда и датата.
- Дозиметрите трябва да имат възможност за обратно въвеждане на данни във формат, подходящ за неотложни и архивни цели.
- При отказ на захранващия блок, отчетеното не трябва да се загубва при възстановяване на захранването.

Дозиметрите с непряко отчитане трябва да имат интерфейс между индивидуалният дозиметър и устройството за бързо и точно отчитане на показанията. Отчетът трябва да включва дозата, времето на отчитане, идентификация на носителя, серийния номер на дозиметъра и датата.

Електронните устройства трябва да имат възможност да се тестват сами и да се калибрират в специализирани лаборатории. Срокът между две калибровки се определя и доказва чрез изчисления или други методи [9]. При това се отчитат фактори като времето за работа на средството, при какви условия е работило, какви показания е дало през последните проверки и др. За болшинството устройства е прието периодът за калибриране да не е повече от една година.

Всеки дозиметър трябва да има данни за източника и датата на последното калибриране.

¹ Мощност на експозицията (мощност на дозата) е мярка за йонизиращо действие на рентгеновите и гама лъчи във въздуха за единица време.

Индивидуалният дозиметър трябва да е малък, лек и пригоден за закрепване към носителя така, че да не може да бъде лесно загубен.

Източниците за хранване трябва да са лесно достъпни и да отговарят на международните стандарти.

Индивидуалният гама-дозиметър трябва да е в състояние да регистрира дозата гама-радиация в обхвата от $5,0 \times 10^{-3} \text{ Gy} \div 10 \text{ cGy}$ (желателно е $5,0 \times 10^{-3} \text{ Gy} \div 100 \text{ cGy}$) в енергийния диапазон $80 \text{ KeV} \div 1,5 \text{ MeV}$ (желателно е $50 \text{ KeV} \div 3 \text{ MeV}$), а неутронния дозиметър в обхвата $5,0 \times 10^{-4} \text{ Gy} \div 10^{-1} \text{ cGy}$ (желателно $5,0 \times 10^{-5} \text{ Gy} \div 1 \text{ cGy}$) в енергийния диапазон $100 \text{ KeV} \div 10 \text{ MeV}$ (желателно е $2,5 \times 10^{-8} \text{ MeV} \div 20 \text{ MeV}$).

Скалата на устройството трябва да бъде в cGy, отнесена за тъкани, или да показва еквивалентната доза² в сиверти (Sv).

Портативният рентгенометър се използва за измерване на мощността на експозицията гама-радиация, но може да включва и функция за обща доза на гама-радиация. С присъединяване на външни сонди устройството се използва като радиометър за контрол на алфа- и бета- заразяване на повърхности. Рентгенометърът трябва да измерва мощността на експозицията гама-радиация в диапазон за гама-радиация от $1 \times 10^{-4} \text{ Gy/h} \div 10 \text{ cGy/h}$ (желателно е $5,0 \times 10^{-6} \text{ cGy/h} \div 10 \text{ cGy/h}$) в енергийния диапазон $80 \text{ KeV} \div 1,5 \text{ MeV}$ (желателно е $50 \text{ KeV} \div 3 \text{ MeV}$).

Състояние на индивидуален дозиметричен и радиометричен контрол във Въоръжените сили – средства, принципи на действие и недостатъци

Системата за отчитане на дозите се организира в подразделенията и включва периодично отчитане и отразяване на получените дози в личните документи на военнослужещия и в дневници. Вземат се мерки за недопускане превишаването на допустимите дози. Такива данни се събират и в медицинските служби, като координацията между тях и командирите не винаги е ефективна от гледна точка на оценка комплексното състояние на отделния военнослужещ. Системата не дава възможност за прецизно следене и вземане на спешни мерки при надвишаване на допустимите норми за дадено лице.

Средствата за дозиметричен контрол са електронни ядрени уреди, в които се използва морално остаряла елементна база. Принципите на работа на тези средства не се различават от принципите, с които работят и най-съвременните прибори, но диапазоните на голяма част от използваните ядрените уреди не отговарят на изискванията за оценка от въздействието на ниско фоновите излъчвания, каквито ще се формират продължително време след аварии в АЕЦ, при използване на т.нар. "мръсни бомби", както и при други инциденти, свързани с разпръскване на радиоактивни материали.

Показанията на скалите на ядрените устройства започват от големи стойности и оценяват основно гама- и отчасти бета- излъчване със задоволителна за целите грешка – 30 до 40 %. Получените дози служеха за оценка състоянието на личния състав от гледна точка на способността войника да води бойни действия за сравнително кратък период от време, без да се отчита здравословното състояние на военнослужещите след това.

Във въоръжените сили няма специализирани дозиметри за оценка на въздействието от неутронно лъчение.

В уредите са използват мерни единици, които не отговарят на международната системата SI, което затруднена оценката на радиационната обстановка при обработване на данни получени от различни типове прибори.

Основни представители на тези ядрени уреди са:

1. Комплект индивидуални дозиметри ДП-23. Предназначен е за индивидуален и групов дозиметричен контрол при полеви условия. Състои се от зарядно-измервателно устройство и 150 бр. пряко показващи дозиметри ДКП 50. Диапазон на измерване на дозиметъра е от 0 до $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ C/kg}$ (0–50 R).

2. Комплект индивидуални дозиметри ИД-1. Той е предназначен за измерване на погълнатата доза от гама лъчи и неутрони. Диапазонът на измерване на погълнатата доза е от 20 до 500 rad. Комплектът се състои от 10 броя индивидуални дозиметри ИД-1 и зарядно устройство ЗД-6. Масата на комплекта е 1500 g.

Индивидуалният дозиметър ИД-1 е оформена като писалка и е с пряко отчитане на получената доза от гама лъчи и неутрони.

3. Термолуминисцентен дозиметър – фотометър ТФ 102

Комплектът е предназначен за индивидуален дозиметричен контрол на облъчването с гама-лъчи чрез измерване на експозиционната доза, получена от индивидуален дозиметър ТЛД-101-Р.

² Еквивалентната доза отразява ефекта на погълнатата доза, в зависимост от вида на радиоактивното лъчение, мощността на дозата, вида и възрастта на тъканите.

Диапазонът на измерване на прибора е от 3 до 1000 R със средноаритметична грешка от $\pm 45\%$.

Комплектът се състои от пулт за измерване (ТФ 102), дозиметри – 100 носача с 200 дозиметри (по 2 в носач - един за отчитане на еднократната и втори - за месечната експозиция на дозата) и ел. захранване.

Рентгенометрите – радиометри са предназначени за измерване мощността на експозицията на гама излъчването на местността. Грешките на измерване са от 30 до 40 %, като времето за установяване на стойността на скалата за ниските стойности стига 90 sec.

Приборите се проверяват за работоспособност чрез източници на лъчение, намиращи се в комплектите. Те се калибрират веднъж годишно в специализирани лаборатории. Основни представители са:

1. Рентгенометър – радиометър ДП-3 за транспортни средства. Диапазонът му на измерване е от 0,1 до 500 R/h. Допустимите грешки са от 10 % до 15 % (за различните диапазони на прибора). Захранването се осъществява от бордовата мрежа на машината ($12 \pm 1V$) или ($26 \pm 3 V$). Измерването се осъществява с външна гама сонда (детектор) работеща на йонизационен принцип.

2. Полевият прибор ДП-5В служи за измерване на гама- и бета излъчване и има диапазон на измерване от 0,05 mR/h до 200 R/h. Допустимите грешки на ДП-5В е $\pm 30\%$. Захранването се осъществява с 3 броя сухи елементи КБ-1 (или от бордовата мрежа на автомобилите - 12/24 V). Сондата е с ръкохватка за измерване на гама- и бета излъчване на повърхности.

3. Рентгенометър-радиометър РР-51М. Диапазонът на измерване е от 0,02 mR/h до 200 R/h. Грешката на показанията на прибора не превишава $\pm 30\%$. Захранването става с два сухи елемента R-20. Сондата е с удължител и ръкохватка за измерване на гама- и бета излъчване.

4. ВДП-90 е съвременен дозиметричен прибор с разширен обхват, предназначен за измерване експозицията на погълнатата доза във въздух от гама- и рентгеново лъчение, както и степента на повърхностно замърсяване с бета замърсяване. Конструиран е на модулен принцип и има няколко варианта в зависимост от предназначението: Вариант "НОСИМ" (Н) - ВДП-90-1; Вариант "БОРДОВИ" (Б) - ВДП-90-3; Вариант "СТАЦИОНАРЕН" (С) - ВДП-90-5 или Вариант "СТАЦИОНАРЕН ЗА СИСТЕМА" (СС) - ВДП-90-4 Вариант "ПОЛЕВА ЛАБОРАТОРИЯ" (ПЛ) - ВДП-90-2.

Приборът е комплектован с 2 бр. сонди за бета-ниски активности и 3 бр. – за гама-високи експозиции на дозата. Обхватът на погълната доза от гама-лъчение е от 0,1 до 1300 cGy. Основната грешка на прибора в диапазона от 1 до 0,5 $\mu\text{Gy/h}$ е $\pm 30\%$, а от 0,5 Gy/h до 1300 cGy/h е $\pm 20\%$.

Електрозахранването се осъществява от акумулаторна батерия или бордовата мрежа на машината.

За предаване на данни е снабден с изходни интерфейси RS232C или ИРПС.

Обхват на енергията на гама-лъчението е от 0,06 до 3 MeV.

Изброените ядрени прибори не могат да предават автоматично събраните данни (с изключение на ВДП-90). Експлоатацията им изисква специално обучен персонал.

Тенденции за развитието на съвременните средства за индивидуален дозиметричен и радиометричен контрол

Тенденциите в развитието средствата за индивидуален дозиметричен и радиометричен контрол могат да се формулират така:

1. Електронните ядрени уреди трябва да имат пряко показване на измерваните стойности и да са с широк измервателен диапазон, като показват дали нараства или намалява радиационното ниво. Превключването на обхвата трябва да е автоматично.

2. Да са лесни за експлоатация и да позволяват използването им от необучен персонал.

3. Да могат да измерват дозата от гама- и неутронно лъчение при разширен енергиен диапазон.

4. Уредите да са ергономични, здрави, леки и с малки размери.

5. Да са бързодействащи интелигентни прибори, които да позволяват извършване на редица изчисления, свързани с йонизиращите лъчения и да сигнализируют при превишаване на предварително зададена стойност на ниво на радиация.

6. Да дават възможност за корекции на получените данни с коефициенти за параметрите на околната среда и оценка на биологическото въздействие, съобразено особеностите на индивида.

7. Да имат възможност за връзка с компютър за събиране, обобщаване и оценка на получените данни от приборите.

8. Да имат възможност за сравняване на диапазоните между ситема SI и други извънсистемни мерни единици.

9. Да имат възможност за свързване на ядрените средства чрез GPS в система, като служат за първични датчици за оценка на фактическата обстановка в реално време.

10. Грешките на измерване да са в границите 10 % до 15 % с тенденции да намаляват. Въвеждат се нови методи за снемане на показанията от датчиците.

11. Да работят продължително време на автономно захранване и да могат да използват

бордова мрежа на машините. Източниците за захранване трябва да се заменят лесно.

12. Да могат да се използват с поставени средства за ЯХБ защита.

Някои представители на ядрени уреди, които се предлагат на пазара, удовлетворяват до голяма степен гореизложените изисквания.

Примери за такива устройства са:

1. Радиометър N/VDR-2 Military Radiac (Canberra, U.S.A.). Той представлява устройство за измерване на дозата и мощността на експозицията в машини. Подава звуков и визуален сигнал при достигане на предварително зададени стойности на радиация. Максималната грешка в целия диапазон не надвишава $\pm 15\%$. Снабден е с два Гайгер – Мюлерови брояча. (технологията time - to - count³). Масата на комплекта е 1,73 kg. Приборът позволява пряко отчитане на мощността на гама радиация в диапазон от 0,001 $\mu\text{Gy/h}$ до 999 cGy/h. Енергийния диапазон за гама-радиация е $\pm 20\%$ 80 KeV $\div$ 1,5 MeV. Приборът показва на дисплей стойността на дозата и мощността на експозицията в μGy , cGy, Gy, $\mu\text{Gy/hr}$, cGy/hr и Gy/hr. N/VDR-2 Military Radiac е снабден с инфрачервен порт RS-232.

2. AN/UDR-13 – Военен джобен радиометър (RADIAC⁴)

Радиометърът представлява малък здрав и лек военен джобен прибор с пряко отчитане мощността на експозицията в диапазон от 0,001 cGy/h до 999 cGy/h. Има възможност за измерване на неутронната и гама доза от 10 cGy до 999 cGy. В диапазонът от 0,001 $\mu\text{Gy/h}$ до 300 cGy/h може да дава показанията в Sv и Rad. Приборът е снабден с инфрачервен порт RS-232. При достигане на предварително зададени прагове подава сигнал (звуков и визуален). Максималната грешка в целия диапазон не превишава $\pm 15\%$. Батерията осигурява 150 часова работа. Маса – 270 g. Енергийния диапазон за гама-радиация - 80 KeV $\div$ 1,5 MeV, а за топлинни неутрони – 14 MeV.

AN/UDR-14 е високочувствителен джобен радиометър. Разликата с AN/UDR-13 е в диапазона на измерване - от 0,001 $\mu\text{Gy/hr}$ до – 350 cGy/hr. Минимално ново на откриване – 0,2 $\mu\text{Gy/hr}$.

3. SVG 2 дозиметър - радиометър (Bruker Daltonics Inc.)

Приборът е ново поколение измервател на радиацията. Представлява ръчен дозиметър - радиометър, който се контролира от микропроцесор. Приборът е създаден по нова технология, основаваща се на автоматична корекция на данните и самоконтрол. Диапазонът на измерване на експозицията на дозата е от 0,5 $\mu\text{Gy/h}$ до 2000 cGy/h.

Снабден е с интегриран сензор за гама и неутронно излъчване, индивидуален дозиметър и разположена отвън α/β - γ сонда.

4. Персонални дозиметри AT 3509, AT 3509 A, AT 3509 Б, AT 3509 С (ATOMTEX)

Тази група индивидуални дозиметри са предназначени за измерване в кратък период на дозата и мощността на експозицията от гама лъчи. Те измерват доза в диапазона от 0,1 μSv до 10 Sv, а мощност на дозата - от 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ до 5 Sv/h. Енергийния диапазон от 15 keV - 10 MeV. Подават светлинен и звуков сигнал при зададени прагове на радиация. Микропроцесор контролира измерването и извежда данните на дисплей с течни кристали. Има собствена настройка. Паметта съхранява измервани данни (до 800 дози) докато не се изключи прибора. Дозиметрите могат да предават данни чрез инфрачервен порт или с кабел с RS232. Грешката на измерваната доза е до 15 %. Размери 104 x 58 x 23 mm. Маса – 100 g. Захранване – 2 клетки тип AA или акумулатори.

5. Индивидуални компактни дозиметри "PM1604A", "PM1604B" ("POLIMASTER" Ltd. Р. Беларус).

PM1604A(B) може да измерва дозата и еквивалентната доза гама лъчи, като записва месеца, датата, времето в минути и часове. Снабден е с часовник с аларма и таймер. Може да се свързва с компютър чрез инфрачервен порт.

Двете модификации се различават по обхвата на еквивалентната доза: за PM1604A - от 1 $\mu\text{Sv/h}$ до 5,0 Sv/h, за PM1604B – от 1 $\mu\text{Sv/h}$ до 10,0 Sv/h. Максималната грешка е $\pm 15\%$.

6. Мулти функционален измервателен прибор ADM – 300 (APTEC-NRC)

AMD-300 е портативен и здрав прибор с Гайгер – Мюлерови детектори и може да открива, измерва и показва на дисплей дозата:

- гама лъчи от 10 $\mu\text{R/hr}$ до 10 000 R/hr (0,1 $\mu\text{Sv/hr}$ до 100 Sv/hr) ;
- бета лъчи от 10 $\mu\text{R/hr}$ до 5 R/hr (0,1 $\mu\text{Sv/hr}$ до 0,05 Sv/hr).

ADM-300 може да измерва, съхранява и изобразява на дисплей дозата от алфа-, бета-, гама- и неутронно излъчване. Приборът има възможност да съхранява данни за индивидуалните дози и данни за калибриране. Може да работи с акумулатори и стационарни източници на ток. Използва технологията "time – to - count", която обезпечава висока точност и не изисква лицензирани източници за калибриране на прибора. Могат да се съхраняват и показват на дисплей над 100 записа. Измерва

³ Технологията се състои в изключване на т.нар. "мъртво време" и ефектите при насищане на брояча, чрез нов начин на отчитане на импулсите.

⁴ RADIAC - Radioactivity, Detection, Indication, And Computation

дозата и експозицията на дозата и подава сигнал за достигнато ниво на радиация независимо от текущите измервания. За връзка с компютър е снабден с интерфейс RS 232C .

7. Джобен дозиметър радиометър MKS-05 "Terra-P" (Русия)

Представлява мултифункционален професионален прибор, приет на въоръжение в Армията на Украйна и използван в Кувейт и Ирак. MKS-05 Terra-P е здрав и пригоден за военно използване. Той може да се използва като сигнализатор за гама- и бета излъчване. Диапазонът на измерване на йонизираща радиация е от 0,1 – 999,9 mSv/h. Измерва дозата в диапазона 0,001 – 99,99 mSv с 25 % грешка. Енергийният диапазон е от 0,05 MeV ÷ 3,0 MeV. Измерва бета заразяване от 10 до 10,5 разп./cm².min. Батерията и режим "готовност" е годна 6000 h. Маса на дозиметъра – 0,2 kg.

Какви ще са изискванията към дозиметрите и системите на бъдещето?

Бързото развитие на технологиите се отразяват и на измерването на йонизиращите излъчвания. В близко бъдеще ще се разработват все по-малки и многофункционални ядрени устройства, които да сигнализират еднозначно за наличие на опасни нива на йонизиращи лъчения. Те ще работят като първични датчици и съвместно с GPS системите ще позволят в реално време да се оценява фактичката обстановка в щабове. Ще има информация за състоянието на всеки боец, нивото на радиация на местността и др. На базата на тези данни ще се разработват интелигентни програми, които ще правят оценка и ще предлагат решения за действия на войските.

В по-далечно бъдеще ще се разработят и датчици на базата на нанотехнологиите, които ще могат да променят цвета на дрехите в зависимост от нивата на радиация.

Литература

1. БДС 17102: 1990 Апаратура за контрол на радиационната безопасност на атомни станции. Общи технически изисквания.
2. В а н о в И в а н, проф. д.т.н. Ядрена електроника. ч. I-II, „Глаукс“, Шумен, 2002 г.
3. Наредбата за основни норми за радиационна защита (ДВ, бр. 73 от 2004 г.).
4. НАРЕДБА № 32 от 7.11.2005 г. за условията и реда за извършване на индивидуален дозиметричен контрол на лицата, работещи с източници на йонизиращи лъчения. (ДВ, бр. 91 от 15.11.2005 г.)
5. EN ISO 10012: 2003 "Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment.
6. STANAG 2352 NBC – Снаряжение за ядрена, химическа и биологическа защита – ръководни принципи.
7. STANAG 2083 NBC - Ръководство за командирите за радиоактивното облъчване на войските.
8. STANAG 2112 NBC - ЯХБ-разузнаване
9. STANAG 2426 NBC - Принципи за контрол на ЯХБ-заразяване в силите на НАТО
10. STANAG 2473 Commanders guide on low level radiation (LLR) exposure in military operations.

ИЗСЛЕДВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА МИГАЩИ СМУЩЕНИЯ С ИЗМЕНЯЕМИ ПАРАМЕТРИ

Георги Сотиров¹, Слави Славов²

¹Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

²Институт по металознание – Българска академия на науките

e-mail: gsotirov@space.bas.bg; sslavov@ims.bas.bg

INVESTIGATION THE EFFICIENCY OF BLINKING JAMMING SIGNALS WITH CHANGIABLE PARAMETERS

Georgi Sotirov¹, Slavi Slavov²

¹Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

²Institute for Metal Science - Bulgarian Academy of Sciences

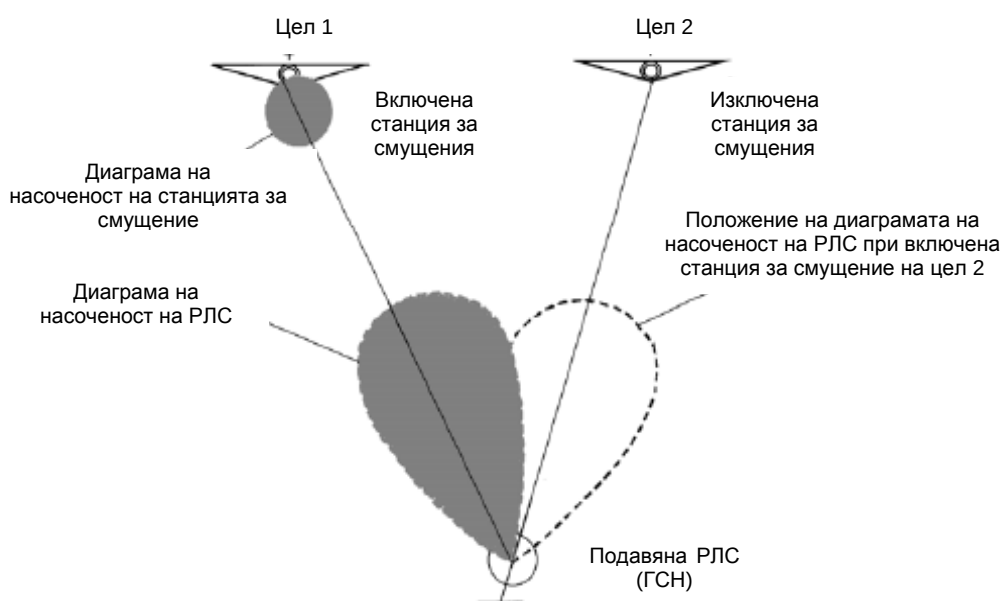
e-mail: gsotirov@space.bas.bg; sslavov@ims.bas.bg

Key words: jamming efficiency, mathematical model, mono-pulse system, semi-active guidance, semi-active missile

Abstract: Evaluation of jamming resistance of mono-pulse semi active guidance system on the basis of a developed mathematical model is considered. The paper presents analysis and provides data from the investigation of jamming resistance against blinking type jamming signals with different parameters.

Мигащите смущения се явяват едни от основните видове имитиращи смущения, използвани за подавяне на моноимпулсни системи за самонасочване. Тяхното действие се основава на ограничената разрешаваща способност на ъгломерните координатори на системите за самонасочване [1-4, 8].

Мигащите смущения се създават с помощта на два или повече предавателя чрез използването на специална амплитудна модулация, например меандрова (фиг.1)



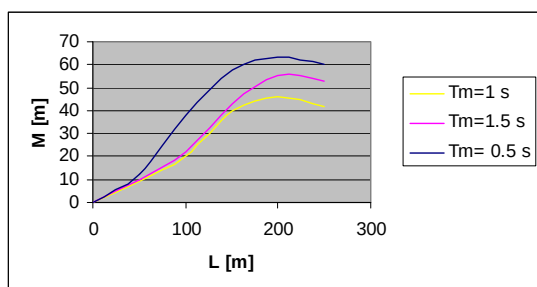
Фиг. 1

За оценка въздействието на ефективността на мигащите смущения могат да се използват обобщените пеленгационни характеристики (ОПХ) на подавяните моноимпулсни системи за

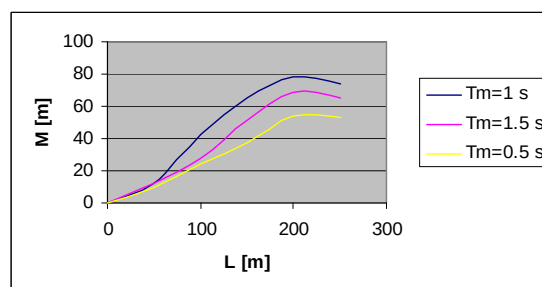
самонасочване, което позволява да бъдат определени ъглите на разрешаване и съответно отклонението на управляемите ракети (УР) от целта [1-7,9].

В представения доклад оценката на въздействието на многоточкови мигащи смущения е извършена с помощта на разработен математичен модел на система за полуактивно самонасочване [8]. Използваният пространствено-временен цифров модел на полуактивен зенитно-ракетен комплекс (ЗРК) с моноимпулсна глава за насочване (ГСН) позволява да се моделира процеса на насочване на ракетата към целта по избрания критерий за оценка – отклонението на УР от целта.

На фиг. 2 е представена зависимостта на математическото очакване на отклонението за различни периоди на синхронни мигащи смущения, създавани от два източника в зависимост от базата между тях. Както се вижда от зависимостите, отклонението съществено нараства на (40-60) метра и съответства на значения на базата (150-250) метра.



Фиг. 2



Фиг. 3

С увеличаването на броя на източниците на мигащи смущения, например на четири, се увеличава и ъгълът на разрешаване на целите, в резултат на което нараства и резултатното отклонение, математическото очакване на което е представено на фиг.3.

Макар и оптималната база да остава както и при две цели 150-250 метра, значението на отклонението е по-голямо - 60-80 метра. Това потвърждава извода, че създаването на мигащи смущения от няколко източника осигурява по-голяма ефективност на радиоелектронното противодействие (РЕП).

Анализирайки действието на двуточковите и многоточкови мигащи смущения се вижда, че тяхната ефективност в голяма степен зависи от параметрите на мигащите сигнали и за определянето на оптимален смущаващ сигнал е необходимо да се изследва влиянието на различни параметри.

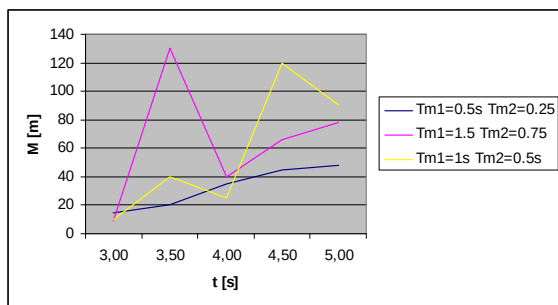
1. Ефективност на мигащите смущения с изменяем период на мигане.

Изследването на въздействието на мигащите смущения, проведени с цифровия модел и получените по-горе резултати, показват, че на първия и втория етап на процеса на самонасочване на ракетата към целта, ефективни са смущенията с голям и среден период на мигане. При това максималните значения на отклонението съответстват на честота на мигане $(0.5 \div 1.5) \text{ Hz}$.

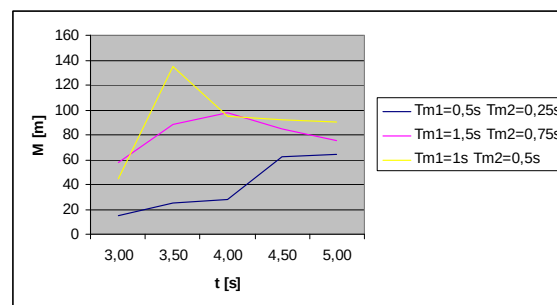
Обаче, тъй като времето от момента на разрешаване до момента на срещата на ракетата с целта не е голямо, то, на третия етап на самонасочване, мигащите смущения с такива честоти могат и да не действат. Затова на този етап е необходимо смущаващо въздействие с по-голяма честота, за да се повиши ефективността на мигащите смущения. Ако в началото на пуска на ракетата са използвани бързи мигания, то както показват резултатите от моделирането не се получава голямо отклонение и затова е целесъобразно да се използват мигащи смущения с изменяем период.

По такъв начин, съгласно методиката, изложена в [10], за увеличаване на ефективността на мигащите смущения е необходимо отначало до момента на разрешаване да се използват мигания с по-голям период, а след това с по-голяма честота.

Правдоподобността на подобни разсъждения по повишаване ефективността на мигащите смущения се потвърждава от резултатите при моделирането. На фиг. 4. е представена зависимостта на математическото очакване на отклонението от времето, след което честотата на мигане на единия от източниците става два пъти по-висока от началната. Графиките са снети при следните условия – далечина на пуска на ракетата $D = 5000 \text{ m}$, височина на полета $H = 500 \text{ m}$ и база между източниците $L = 250 \text{ m}$, което съответства на оптималното значение на базата.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

Получените резултати показват, че максималното значение на отклонението се получава в тези моменти на включване, които съответстват на очаквания рубеж на разрешаване съгласно [10]. При това резултантното отклонение превишава с $10 \div 15$ метра значението на отклонението, получено за случая на мигащи смушения без изменение честотата на единия източник.

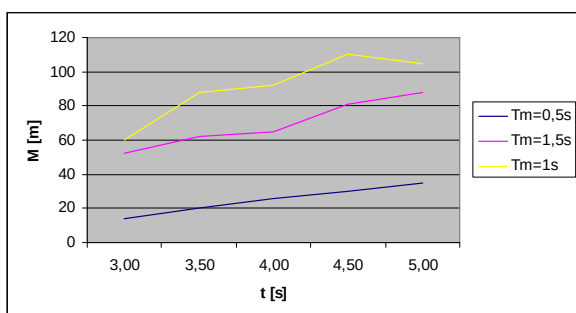
На фиг. 5. е представена получената с помощта на разработения модел зависимост на математичното очакване на отклонението от момента време, след който честотата на един от източниците става два пъти по-голяма от началната.

Резултатите от графика показват, че както и при две цели за сметка изменението на честотата на мигане резултантното отклонение се увеличава средно с $(10 \div 15)m$ в сравнение с отклонението при четири цели без изменение на честотата на мигане. При това нарастването на отклонението става в моментите от време, съответстващи на момента на разрешаване.

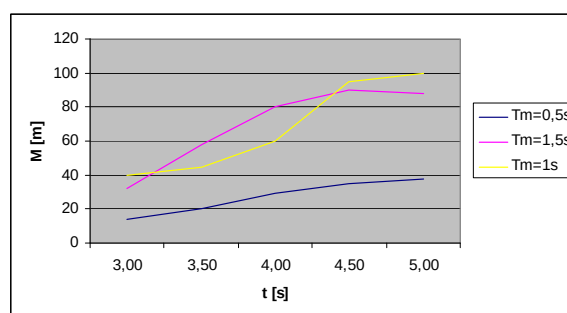
2. Ефективност на мигащите смушения с изменяема мощност на смушаващия сигнал.

Както показват изследванията в [10] важна роля за повишаване на ефективността на използваните средства за РЕП имат смушенията, създавани на последния етап от насочването на ракетата на целта. Тяхната цел е да въздействат по страничните листа на диаграмата на насоченост на ГСН на ракетата и да способстват за отклоняване на ракетата от целта на която се насочва. Следователно, може да се очаква, че ако на етап разрешаване на целите мощността на единия от източниците на смушение, към който не се насочва ракетата, се увеличи, то грешката на насочване и резултантното отклонение ще се изменят.

Оценка на влиянието на изменението на мощността на единия източник беше проведена с помощта на моделиране процеса на насочване на ракетата към целта. На фиг. 6. и 7 са показани зависимостите на математическото очакване на отклонението при стрелба по две цели от момента на включване, когато мощността на единия източник се изменя съответно 3 и 5 пъти спрямо началното значение. Графиките са снети при следните условия: далечина на пуска $D = 5000 m$, височина на полета $H = 500 m$ и база между източниците $L = 250 m$. От приведените графици се вижда, че с нарастване на мощността на смушаващия сигнал резултантното отклонение се увеличава с $(8 \div 10)m$.

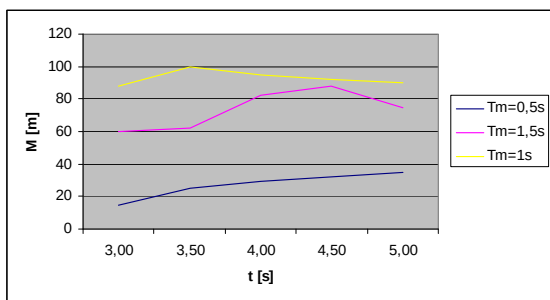


Фиг. 6.

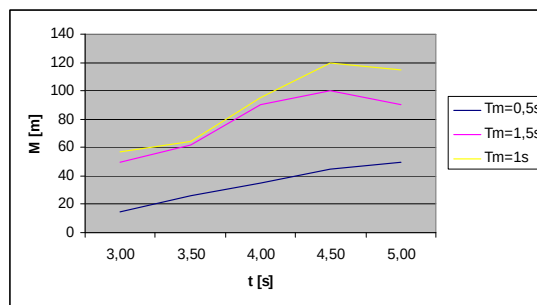


Фиг. 7

Аналогично е изследвано чрез модела изменението на мощността на единия от източниците на смушение, когато стрелбата се извършва по четири цели. На фиг. 8 и фиг. 9 са показани зависимостите на математическото очакване на резултантното отклонение от времето на включване, когато мощността на единия източник се повишава съответно 3 и 5 пъти.



Фиг. 8



Фиг. 9

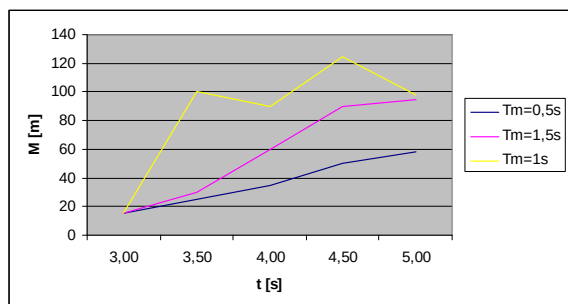
Изменението на мощността предизвиква увеличаване на резултантното отклонение с $(10 \div 15)m$ в сравнение с отклонението за четири цели. Графиките на фиг. 8 и фиг. 9 са снети при следните условия: далечина на пуска на ракетата $D = 5000 m$, височина на полета на самолетите $H = 500 m$ и бази между самолетите $L = \Delta L = 250 m$.

Сравнявайки получените резултати за отклонението и вероятностите за поразяване за две и четири цели е видно, че изменението на честотата осигурява по-ефективно подавяне, отколкото изменението на мощността на смущение при еднакви условия на използване.

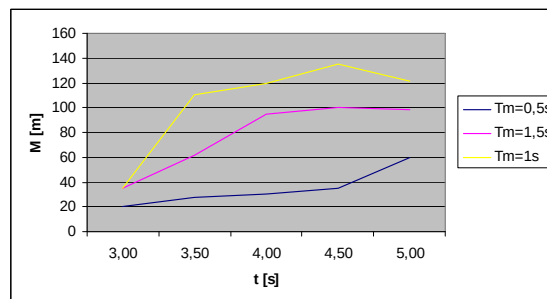
3. Ефективност на мигащите смущения с едновременно изменение на мощността и периода на мигане.

По-горе бяха разгледани независимо изменението на периода на мигане и изменението на мощността на източниците на смущение на ефективността на мигащите смущения.

Очевидно е, че тяхното съвместно използване ще способства за повишаване на ефективността на мигащите смущения. За целта беше проведено изследване с помощта на разработения математичен модел. На фиг. 10 представена зависимостта на математическото очакване на отклонението за две цели от времето на включване при едновременно изменение на честотата два пъти и мощността 5 пъти. Графиките са представени при следните начални условия: $D = 5000 m$, $H = 500 m$ и $L = 250 m$.



Фиг. 10



Фиг. 11

Получените резултати показват, че резултантното отклонение се повишава с $(5 \div 8)m$ по сравнение с отклонението, получено само при изменение на мощността или честотата на мигане.

Зависимостта на математическото очакване за отклонението при мигащи смущения от четири източника, при които едновременно се изменя честотата и мощността на мигане, е дадена на фиг. 11.

По такъв начин за сметка на изменението на параметрите на мигащите сигнали може да се повиши ефективността на мигащите смущения и в съответствие с получените резултати да се обосноват основните препоръки относно управлението на станциите за активни смущения.

Изводи и резултати:

1. На базата на разработен математичен модел е изследвана ефективността на мигащи смущения с изменяеми параметри.

2. Получените резултати от моделирането показват, че с изменението на честотата на мигащите сигнали и мощността им може да се повиши тяхната ефективност.

Литература:

1. С о т и р о в Г.С. Оценка въздействието на мигащите смущения върху моноимпулсна система за полуактивно самонасочване, Юбилейна научна сесия на факултет "Авиационен", 21-22 април 2006 г., Долна Митрополия.
2. В а к и н С.А., Л.Н. Ш у с т о в. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки, М.: Советское радио, 1968.
3. П е р у н о в Ю.М., К.И. Ф о м и ч е в, Л.М. Ю д и н. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием, Радиотехника, 2003.
4. V a k i n S.A., L.N. S h u s t o v, R.H. D u n w e l l. Fundamentals of Electronic Warfare, Artech House Radar Library, UK, 2001.
5. С о т и р о в Г.С. Анализ на ефективността на мигащите смущения при въздействие върху моноимпулсни системи за самонасочване. Сборник доклади от Юбилейната научна сесия, посветена на 45 години ВНБВУ "Г.Бенковски", Секция № 15 "Радиолокация, Антени и СВЧ-техника", Долна Митрополия, 21-23 Май 1990 г. стр.72-79.
6. Ц в е т н о в В.В., В.П. Д е м и н, А.И. К у п р и я н о в. Радиоэлектронная борьба, радиоразведка и радиопротиводействие. – М.: МАИ, 1998.
7. В а к и н С.А., Л.Н. Ш у с т о в. Основы радиоэлектронной борьбы. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1998.
8. С о т и р о в Г.С. Математичен модел на моноимпулсна система за полуактивно самонасочване. Сборник трудове на Научна конференция с международно участие "Космос, Екология, Сигурност – SES' 2005", 10-13 юни 2005 г. Варна, стр. 398-408.
9. S o t i r o v G.S., S. S l a v o v. Jamming resistance study of monopulse semiactive guidance system. Second Scientific Conference with International Participation - SENS'2006, 12-14 June 2006, Varna, Bulgaria.
10. С о т и р о в Г.С. Изследване на възможностите за увеличаване на ефективността на мигащите смущения Научна конференция с международно участие "Космос, Екология, Нанотехнологии, Сигурност" – SENS' 2007, 27-29 юни, Варна (под печат)

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА УВЕЛИЧАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА МИГАЩИ СМУЩЕНИЯ

Георги Сотиров

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: gsotirov@space.bas.bg

EVALUATION OF THE POSSIBILITIES FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF BLINKING JAMMING SIGNALS

Georgi Sotirov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg

Key words: jamming efficiency, mono-pulse system, semi-active guidance, semi-active missile

Abstract: Evaluation of the possibilities for increasing efficiency of blinking jamming signals against mono-pulse semi-active guidance system is considered. The paper presents analysis and provides data from the investigation of the efficiency of different number of blinking jamming sources.

Един от успешните способи за радиоелектронно противодействие (РЕП) на различните видове управляеми ракети е използването на мигащи смущения от два или повече източника [1-5].

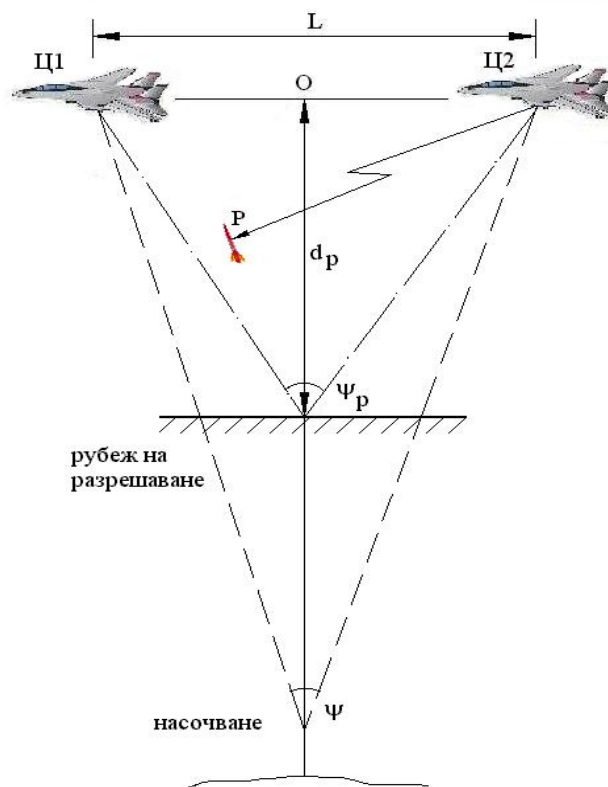
Тъй като ефективността на мигащите смущения се ограничава от ъгъла на разрешаване на целите, който се определя от вида на пеленгационната характеристика, то непрекъснато се търсят методи и средства за нейното повишаване.

Отчитайки, че процесът на самонасочване на управляемите ракети в зависимост от текущото значение на параметъра на разсъгласуване може условно да се раздели на три етапа - отработка на началното разсъгласуване, насочване и разрешаване на целите [1,3], е предложен метод, който позволява да се увеличи ефективността на мигащите смущения.

Нека да разгледаме тези етапи на самонасочване на управляемата ракета Р (фиг.1) към двойка цели C_1 и C_2 , създаващи РЕП с мигащи смущения.

На етап насочване на ракетата ъгловото разстояние между целите ψ е малко и координаторът съпровожда енергетичния център т.О. В процеса на приближаване на ракетата с целите ъгълът ψ нараства и при достигане на рубежа на разрешаване (т.е.) $(\psi=\psi_p)$, главата за самонасочване разрешава целите и ракетата Р се навежда на една от целите, например на цел C_1 .

Ако на последния етап на самонасочване на ракетата на целта въздействаме, чрез втория източник на мигане C_2 , чрез изменение параметрите на мигащия сигнал (честота, мощност и т.н.) се създава възможност да се въздейства по страничните листа на диаграмата на насоченост на антената на ГСН. При това ГСН ще се пренацелва на втория източник, което ще доведе до увеличаване на резултантното отклонение.



Фиг.1

Тогава отчитайки, че ъгълът на разрешаване ψ_p зависи от вида на използваните мигания и следователно за зададена база между целите L (фиг.1), далечината на разрешаване d_p ще се определя със зависимостта:

$$(1) \quad d_p = 0.5L \operatorname{ctg}(\psi_p/2)$$

Текущото значение на далечината d между самолетите и ракетата се определя като

$$(2) \quad d = d_0 - \int_0^t V_0 dt ,$$

където: d_0 е разуднатата далечина до P , а V_0 – скорост на сближаване на ракетата с целта.

При равномерно движение на ракетата и целите $V_0 = \text{const}$ и следователно

$$(3) \quad d = d_0 - V_0 t$$

Приравнявайки лявата част на (3) към значението на d_p от (1) ще получим времето, след което се очаква разрешението на целите

$$(4) \quad t_p = \frac{d_0 - 0.5L \operatorname{ctg}(\theta_p/2)}{V_0}$$

Това време в процеса на самонасочване дава момента, след който е необходимо да се изменят параметрите на мигания сигнал на единия източник, ако в процеса на радиотехническо разузнаване е открито, че ракетата се насочва към другия източник на смущение.

Знаейки рубежа на разрешаване, определяме вероятността за разузнаване на коя цел ще се насочи ракета $P_{\text{раз.}}$, която можем да считаме, че е разпределена по нормален закон

$$(5) \quad P_{раз} = 0.5 \left[\frac{\Phi(d_p'' - d_p^*)}{\sigma} - \frac{\Phi(d_p'' + d_p^*)}{\sigma} \right],$$

където: d_p^* – средно значение на далечината на разрешение; d_p'' и d_p' – максимално и минимално разстояние до центъра на съпровождане на източниците, при което се осъществява радиотехническо разузнаване., σ е средно квадратичното отклонение на далечината на разрешаване,

$$\Phi(x) = \frac{2 \int_0^x e^{-t^2/2} dt}{\pi \sqrt{2}}$$

- табулиран интеграл на вероятността.

При провеждане на стрелба с управляеми ракети е необходимо да се отчита също и вероятността за насочване на ракетата на целта, която в условия на радиосмущения се определя със зависимостта

[1-3]

$$(6) \quad P_n = 0.5 \left[\frac{\Phi(\Delta_0 - \Delta^*)}{\sigma_\Delta} - \frac{\Phi(\Delta_0 + \Delta^*)}{\sigma_\Delta} \right],$$

където: Δ^* и σ_Δ са съответно значенията на средното отклонение и неговото средно квадратично отклонение, получени под въздействие на мигащите смущения.

Тогава с отчитане на (5) и (6) вероятността за поразяване на първата цел ще изчислим по формулата за пълна вероятност

$$(7) \quad P_{пор,1} = P_{н,1} [P_{раз,1} P_n' + (1 - P_{раз,1}) P_n''],$$

където: $P_{н,1}$ – вероятност за навеждане на първата цел;

- $P_{раз,1}$ – вероятност от разузнаване, че ракетата се навежда на първата цел;

- P_n' – вероятност за поразяване при използване на мигащи смущения с изменяеми параметри;

- P_n'' – вероятност за поразяване при използване на мигащи смущения без изменение на параметрите на смущаващия сигнал.

Аналогично за втората цел можем да запишем вероятността за поразяване

$$(8) \quad P_{пор} = P_{н,2} [P_{раз,2} P_n' + (1 - P_{раз,2}) P_n'']$$

Общата вероятност за поразяване на двете цели ще бъде

$$(9) \quad P_{пор} = P_{н,1} [P_{раз,1} P_n' + (1 - P_{раз,1}) P_n''] + P_{н,2} [P_{раз,2} P_n' + (1 - P_{раз,2}) P_n'']$$

Равенство (9) можем да обобщим за няколко цели и тогава ще получим

$$(10) \quad P_{пор} = \sum_{i=1}^n P_{н,i} [P_{раз,i} P_n' + (1 - P_{раз,i}) P_n'']$$

Представената по-горе методика и получените зависимости позволяват не само да се повиши ефективността на използваните средства за РЕП, но и количествено да се определи вероятността за поразяване.

Изводи и резултати:

1. Изследвани са възможностите за повишаване на ефективността на мигащите смущения чрез използване на информация от средствата за радиотехническо разузнаване. Проведен е анализ на работата на системите за самонасочване в условията на активни смущения.
2. Получени са аналитични зависимости, позволяващи да бъде оценена ефективността при използване на активни средства за РЕП.

Литература:

1. В а к и н С. А., Л. Н. Ш у с т о в. Основы радиоэлектронной борьбы. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1998.
2. П е р у н о в Ю. М, К. И. Ф о м и ч е в, Л. М. Ю д и н. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием, Радиотехника, 2003.
3. V a k i n S. A., L. N. S h u s t o v, R. H. D u n w e l l. Fundamentals of Electronic Warfare, Artech House Radar Library, UK, 2001.
4. С о т и р о в Г. С. Оценка въздействието на мигащите смущения върху моноимпулсна система за полуактивно самонасочване, Юбилейна научна сесия на факултет "Авиационен", 21-22 април 2006 г., Долна Митрополия.
5. S o t i r o v G., S. S l a v o v. Jamming resistance study of monopulse semiactive guidance system. Second Scientific Conference with International Participation - SENS'2006, 12-14 June 2006, Varna, Bulgaria.

КОСМИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ. СЪСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ НА КОСМИЧЕСКИТЕ РАДИОЛОКАТОРИ

Петър Стоянов, Георги Кипров, Венцислав Марков, Михаил Михов

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
е – mail: pstoyanov@abv.bg*

Key words: *satellite systems, optical and radiolocation reconnaissance, space radiolocation with synthetic aperture*

Abstract: The article describes the condition of the contemporary space radars. The features of seven radio locating spacecrafts currently into orbit (3 civic and 4 military) are presented. Special attention is given to the perspectives for development of space systems with Synthetic Aperture Radars (SAR). The prospective satellites, developed by ten countries for civil and military purposes, such as United States, Japan, Germany, Canada, Italy, United Kingdom, India, Israel, China and Russia, are represented. As a conclusion, the common features of perspective satellites with space radars are defined

1. Въведение

Преобладаващото болшинство от системите за дистанционно сондиране на земята, които се експлоатират сега в света, са системите за оптикоелектронно наблюдение. Обаче водещите космически държави се стремят в близките години да въведат в състава на националните си космически системи спътници, снабдени с радиолокатори със синтезирана апертура (РСА). Това е така, защото радиолокационните системи за наблюдение в сравнение с оптическите системи имат редица неоспорими преимущества:

- независимост от метеорологичните условия и времето на денонощието;
- съчетание от широка полоса на големи разстояния и висока разрешаваща способност;
- многорежимност и гъвкавост на управление работата на РСА, позволяващи бързо изменение на положението и размера на зоната на обзора, разрешаващата способност и формата за представяне на информацията;
- висока оперативност на получаване на данните от сондирането, близка до реалния мащаб от време.

Радиолокационната информация е незаменима при екстремни ситуации, решаването на задачи в полярните райони, в картографията, лесовъдството, търсенето на нефт и др.

Изборът на диапазони на космическия апарат позволява решаването на многопланови задачи. Снимането в сантиметровия Х - диапазон (дължина на вълната – 3 см) дава високодетаилни радиолокационни изображения с разрешение, близко по качество на изображенията от оптическите системи. Системите от дециметровия L - диапазон (дължина на вълната – 23 см) позволява да се води наблюдение през листата на дърветата. И накрая РСА от Р - диапазона (дължина на вълната – 70 см) осигурява сондиране под слой суха почва.

1. Съвременни космически радиолокатори

На сегашния етап само страни с високо развита икономика притежават спътници с РСА с голяма разрешаваща способност. В света през 2006 г. в експлоатация са били седем радиолокационни космически апарата (3 граждански и 4 военни). Те са от състава на четири космически системи – на САЩ, Канада, Япония и страните на Европа (табл. 1). Тези сателити са спътника Radarsat-1 от космическото агентство на Канада, гражданските Envisat-1 и ERS-2 на Европейското космическо агентство, три спътника Lacrosse от разузнавателната система на САЩ и спътник IGS-R1 от разузнавателната система на Япония.

Всички страни, притежаващи космически апарати с радиолокатори със синтезирана апертура планират по-нататъшно развитие и усъвършенстване на тези системи. Изключение прави Европейското космическо агентство, което след въвеждане в експлоатация на най-скъпо струващия в неговата история 8-тонен спътник Envisat-1 с радиолокатор в С-диапазон се отказва от по-нататъшно създаване на аналогични космически апарати. Затова спътници с РСА ще се запускат по проекти на европейските страни, а тяхната експлоатация в интерес на Европа ще се координира от различни програми (например чрез програмата GMES, Европейския център за космическо разузнаване и др.).

Таблица 1. Характеристики на действащите КА с РСА

наименование (оператор)	дата на запускане	носител/маса на КА, t	стойност на КА/системата	разрешаваща способност, m	Характер на използване
Radarsat-1 (RS)	04.11.1995	Delta-2/2.7	642млн\$/-	8-100	оперативен
ERS-2 (EKA)	21.04.1995	Ariane 4/2.5	650млн\$/1.1мрд\$	25-30	ограничено
Envisat-1 (EKA)	01.03.2002	Ariane 5/8.2	872млн\$/2.5мрд\$	30-150	оперативен
Lacrosse (NRO) USA-69 USA-133 USA-152	08.03.1991 24.10.1997 17.08.2000	Titan 4/16	>600 млн\$/-	<1	оперативни и резервен-(69)
IGS-R1(CSICE)	28.03.2003	H-2A1.2	416млн\$/2.2мрд\$	1-3	оперативен

Руски спътници с РСА с високо разрешение в орбита няма от 1991г. след прекратяване на работата по космически апарат "Алмаз-1". Спътниците от серията "Океан", запускани сега с името "Сич", са оборудвани с РЛС със страничен обзор, имат разрешаваща способност повече от 1 km и не се отнасят към тази категория. Обаче, по мнение на руските специалисти, в близките години ситуацията в света трябва да се промени.

2. Перспективи за развитие на космическите системи с радиолокатори със синтезирана апертура

Операторите от осем страни, осъществяващи космическа дейност (Япония, Германия, Канада, Италия, Великобритания, Индия, Израел и Китай) планират да изведат в орбита 10-14 космически апарата с РСА за периода 2006-2007г. (табл. 2). Перспективните спътници са както с гражданско, така и с военно предназначение, а някои от тях се разработват като проекти с двойно предназначение.

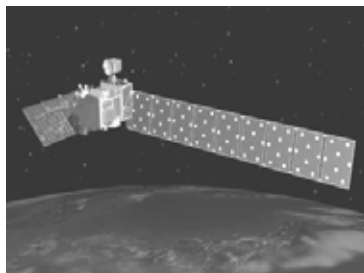
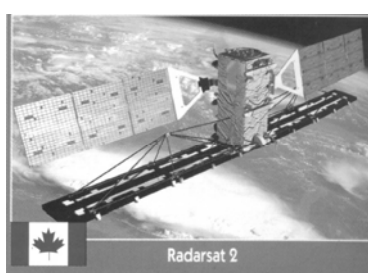
Таблица 2. Основни перспективни системи с РСА

Държава	Граждански КА с РСА /година на запускане	Военни КА с РСА /година на запускане
САЩ	Част от ресурса на Radarsat 2/2005	FIA/2008, SBR/20012
Канада	Radarsat 2/2005, Radarsat 3	
Япония	ALOS/2005	IGS-R2/2006
Германия	Infoterra-X/2006, Infoterra-X2	SAR-Lupe/5 KA 2005-2007
Великобритания	Infoterra-L/2008	
Италия	COSMO/4 KA след 2006	с двойно предназначение
Индия	RISAT/2006	
Китай	GSMS/2007	
Израел	TecSAR/2006	с двойно предназначение
Русия	Аркон-2, Кондор-Э, Монитор-Р, Стрелка	
Русия, Украйна	Сич-1М/2004	

В САЩ се работи по два военни радиолокационни проекта. Националното разузнавателно управление (NRO) финансира разработката на космически апарати за разузнаване с РСА по програма FIA. След 2008 г. те трябва да заменят сега експлоатираните спътници Lacrosse. От друга страна министерството на ВВС от 2004 г. е започнало етап конкурсно идейно проектиране на многоспътникова система за глобално оперативно разузнаване на подвижни цели SBR (Space Based Radar). Според правилата на конкурса през 2007 г. ще бъде определена компанията – победител, която до 2012 г. ще построи и изведе в орбита първия спътник от системата SBR. Ориентировъчната стойност на разработката на системата в предстоящите пет години е 4 милиарда долара.

Съединените Щати не разполагат с граждански спътници с РСА, тъй като по силата на междуведомствено споразумение получават 15% от снимките на космически апарат Radarsat 1 в замяна на извеждането на спътника в орбита с американска ракета. Реално, за периода 1996 – 2003 г., в интерес на САЩ 43% от снимките са извършени със средствата на Radarsat 1.

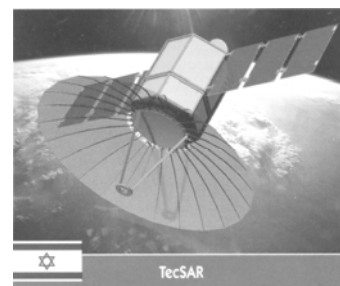
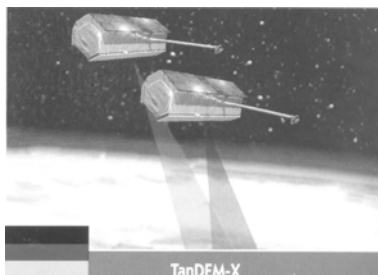
Канада, стремежи се да съхрани лидерството си в областта на пазарните радиолокационните снимки, планира да изведе в орбита новия спътник Radarsat 2 с РСА с по-висока разрешаваща способност (3m вместо 8m) и поляризационни режими на снимане. За първи път на граждански спътник ще бъде реализиран режим на селекция на движещи се цели. В екстремни случаи снимка на кой и да е обект може да бъде направена 4-12 часа след постъпване на заявка от клиента.



Фиг.1. Спътници Radarsat 2, ALOS и IGS-R

Космическото агентство на Япония JAXA планира да изведе в орбита многоцелеви граждански космически апарат ALOS с PCA в L- диапазон и с разрешаваща способност 10-20 метра. Спътникът ще предава снимачната информация по каналите за междуспътникова връзка и непосредствено на малки приемни станции. Правителственият кабинет обяви планове за по-нататъшно развитие на националната система за космическо разузнаване MIRS, в състава на която след запускане на нови спътници през 2006 г. ще влизат два спътника IGS-R с PCA и два спътника IGS-O с оптикоелектронна апаратура.

Германия след 2005 г. започва извеждането в орбита на пет малки спътника за космическо разузнаване SAR-Lupe с PCA в X- диапазон. Планира се, с помощта на новата система, да се осъществява денонощно оперативно разузнаване на кой и да е район от Земята с време за реакция не повече от 36 часа (от заявката до получаването на снимката) и 12 часа (от заснемането до приемането на снимката) при максимална разрешаваща способност 0.5 метра. Съгласно междуправителствено споразумение данните от спътници SAR-Lupe ще бъдат използвани от Франция, Италия и други страни от Европа. Космическото агентство на Германия DLR и компания EADS Astrium съвместно финансират проект за граждански космически апарат TerraSAR-X с PCA в X-диапазона с висока разрешаваща способност (до 1 m), който ще бъде изведен в орбита в края на 2006 г. Агентството DLR разглежда план за запускане на втори аналогичен космически апарат TanDEM-X за снимки в режим на тандемен полет на два спътника.



Фиг. 2. Спътници SAR-Lupe, TanDEM-X и TerraSAR-L

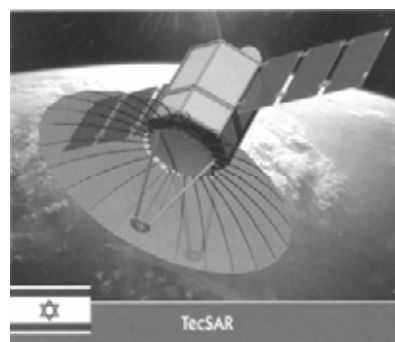
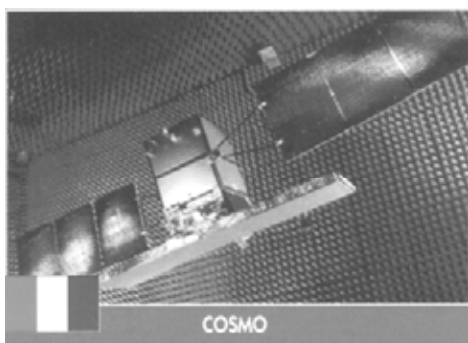
Във Великобритания водещ разработчик на космически радиолокатори е компанията Astrium Ltd, която планира през 2008 г. да изведе в орбита спътник TerraSAR-L с радиолокатор в L- диапазон. Права за търговско разпространение на снимките е получила британската компания InfoTerra Ltd. Особеност на този проект се явява крупно габаритната антена с размери 11x2.5 метра, която в сгънат вид се разполага под обтекателя на ракетата от среден клас.

Космическото агентство на Италия разработва система с двойно предназначение, състояща се от четири космически апарата COSMO с радиолокатори в X- диапазон с висока разрешаваща способност (<1m). Министерството на отбраната инвестира в създаването на системата около 150 млн. евро за обмен на 20% от ресурса на снимачната апаратура. Спътниците, чието извеждане в орбита се планира за след 2007 г., ще влезнат като елемент от френско – италианската система за разузнаване ORFEO. От френска страна в системата ще участват два спътника за оптическо разузнаване Pleiades. След запускането на четирите космически апарата COSMO периода за повторно наблюдение на обектите ще бъде по-малко от 12 часа.

Космическото агентство на Индия ISRO финансира разработката на спътника RISAT с PCA в C-диапазон и планира да го изведе в орбита през 2006 г.. Този заявен срок обаче е нереален, тъй-като Индия няма опит в създаването на PCA с космическо базиране.

Китай едновременно разработва няколко проекта на космически апарата с PCA с висока разрешаваща способност. През 2007 г. е възможно запускането на спътници с оптическа и радиолокационна апаратура в L- диапазон, създавани от Китайската национална космическа администрация CNSA за контрол на извънредни ситуации. Маркетингът на тези системи, получили

наименованието Global Satellite Monitoring System, ще се осъществява от компанията Tuuuan Technologies. Срокове за разработка и детайлно описание на проектите отсъстват в литературата.



Фиг. 3. *Спътници COSMO и TecSAR*

В Израел корпорацията IAI разработва проект за мини спътник за разузнаване TecSAR с маса около 300 kg с PCA с висока разрешаваща способност. Първоначално се предполагаше спътника да бъде изведен на орбита през 2006-07 г., обаче заради аварията на космически апарат Ofeq-6 тези планове могат да бъдат преразгледани.

В последните години в Русия се разработват едновременно няколко проекта на спътници с PCA с висока разрешаваща способност. В НПО на машиностроенето (град Реутов) се разработва спътника "Кондор-Э" с PCA с висока разрешаваща способност в S- диапазон. Център Хруничев обяви плановете си за запускане на спътници от серията "Монитор-Р". Компанията "Газком" финансира перспективния проект "Стрелка" за космически мониторинг на обектите от нефтогазовия отрасъл. В състава на системата на стойност 400 млн. \$ ще влизат шест спътника, три от които с PCA. И накрая, НПО с името С. А. Лавочкин неотдавна обяви за разработката по поръчка на Космическото агентство на многоцелеви спътник "Аркон-2" с тричестотна PCA.

3. Заключение

Анализът на всички разгледани по-горе програми позволява да се формулират общите черти от облика на перспективните спътници с PCA:

- отказ от тежките космически платформи с комплексно полезно натоварване в полза на малките или мини платформи, вземане на мерки за снижаване на масата и стойността на системите;
- разработване на радиолокатори, работещи в един от трите най-разпространени честотни диапазони (L-, C-, или X-) със свръхширокополентов сигнал (ширина на спектъра до 300 MHz) и високо пространствено разрешение (до 0.5 m);
- повишаване на честотата и оперативността на снимките чрез създаването на многоспътникови системи (от два до пет космически апарата);
- осигуряване на възможност за снимки от двете страни на трасето на полета на космическия апарат чрез завъртане на антената или целия спътник;
- използване на активни фазирани антенни решетки и нови технологии за високо информативни снимки в поляромитрически (POLSAR) режим, в режим на селекция на движещи се цели (MTI), интерферометрически (InSAR) и стереометрически режими за построяване на цифрови модели на релефа на местността.

Новите технологии за обработка на радиолокационните изображения, появили се последните години (InSAR, MTI, стереоснимка), дават впечатляващи резултати при откриването на сантиметрово разместване на земни пластове – например пропадане на почвата в районите на подземно строителство, последствия от земетресения, свлачища и др. Освен това става възможно откриването на движещи се цели и налагането им върху детайлно изображение на местността, автоматично откриване измененията на наблюдаваните обекти и създаването на тримерни модели на релефа на местността.

Литература:

1. Гецов П., 2002, Космос, екология, сигурност, С., НБУ.
2. Новости космонавтики, кн. 1999-2005.
3. Пенев П., Р. Янчев, Ст. Каремов, Космосът във военното дело, С., Военно издателство, 2003.

КОСМИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ. СПЪТНИКОВИ СИСТЕМИ ЗА РАДИОТЕХНИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ

Петър Стоянов, Михаил Михов, Венцислав Марков, Георги Кипров

*Институт за космически изследвания – БАН
ул. Московска № 6, р.к. 799, 1000 София, България
e: mail: pstoyanov@abv.bg*

Key words: *satellite systems, radio electronic and radio technical reconnaissance.*

Abstract: *The radar space intelligence is proposed to catch emissions of radar and radar-navigation stations and systems, determination of their characteristics, operative modes and the type of the working source. The article reviews the basic technical characteristics and capabilities of the satellites for radar intelligence – the American “Ferret” “White cloud” and “Jumpseat”, and the Russian “US-PM” u “US-PU”, and “Tselina”. It also outlines the new tendencies in the design of new sources for radio technical intelligence.*

Съгласно съществуващата в литературата класификация, понятието “радиоелектронно разузнаване” обединява радиоразузнаването и радиотехническото разузнаване, като тук някои литературни източници включват и радиолокационното разузнаване. Много често на един и същ спътник са монтирани апаратури, които извършват няколко (най-често два) вида разузнаване – например радио и радиотехническо, оптикоелектронно и радиолокационно и т.н.

Радиотехническото космическо разузнаване е *предназначено* за прихващане на излъчванията на радиолокационни и радионавигационни станции и системи, определяне на характеристиките им, режимите на работа и типа на работещия източник. Съвместната обработка на пеленгите към конкретен източник, едновременно получени от два космически апарата, позволява да се определи местоположението му с точност, достатъчна за целеуказване на средствата за поражение.

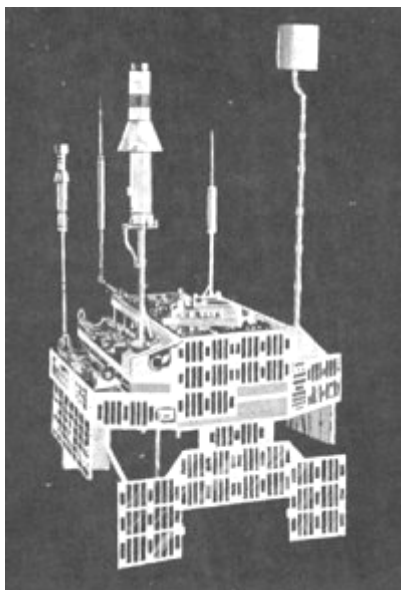
Както вече стана дума, много от съвременните спътници са с мултифункционално предназначение и заради това в тази статия ще се появят имената на космически апарати, които вече са се появявали в предишните.

На настоящия етап спътниковите системи за радиотехническо разузнаване на САЩ се развиват в рамките на следните основни програми:

- “Ferret” – за радио и радиотехническо разузнаване от ниски орбити;
- “White cloud” – за морско радиотехническо разузнаване и целеуказване;
- “Jumpseat” – (програма 711) за радио и радиотехническо разузнаване от високи елиптични орбити;
- програма 980 за радиотехническо разузнаване, както и за радиоприхват от квазистационарни орбити.

В съответствие с изискванията за осигуряване на глобално наблюдение в рамките на всяка от програмите, на орбита трябва да функционират 2 – 4 ИСЗ. Основните тактико-технически характеристики на спътниците за радиотехническо разузнаване на САЩ са показани в таблица 1.

Изстрелването на първите специализирани спътници за радиоелектронно разузнаване “Ferret” започва през 1962 г. На настоящия етап се използва второ поколение от тези спътници на САЩ (фиг. 1.). Те откриват РЛС в полоса с ширина 3000 – 3900 km, записват излъчваните от тях сигнали и ги предават на земни станции. Там се установява местоположението, типа, мощността и честотата на излъчваните сигнали. Информацията, доставяна от ИСЗ “Ferret” по радиоканал постъпва към постове за слеждане от командно – измерителния комплекс на BBC на САЩ (AFSCF).



Фиг. 1. Космически апарат "Ferret"

От там се предава в центъра и към станциите за радиотехническо разузнаване, работещи в интерес на главните командвания на въоръжените сили на САЩ на ТВД (в Европа, зоната на Тихия океан, Централна Америка). Основен потребител на информацията са съединенията и частите от стратегическото и тактическото авиационно командване на ВВС на САЩ.

Само като пример, по време на операция "Съюзна сила" на Балканите, РЛС на ПВО на Югославия се контролираха основно с помощта на четири спътника "Ferret-D" на височина 700-800 km.

Таблица 1. Основни характеристики на спътниците за радиотехническо разузнаване на САЩ

програми основни данни	Ferret	White cloud	Jumpseat	Програма 980
Начало на експлоатацията	1962 (мод. 1989)	1976 (мод. 1990)	1971	1985
Апогей, km	600 – 700 (800)	1100	39000	геостационарна
Перигей, km	кръгова	кръгова	500	
Наклон на орбитата, grad	96,5	63	63,5	6 – 8
Полоса на обзора, km	3000 – 3900	6500	150 – 18000	200 - 18000
Периодичност на наблюдението, h	през 4 – 6	през 1 - 2	непрекъснато	непрекъснато
Оперативност на доставяне на информацията, h	0,3 – 1,5	в реален мащаб на времето	в реален мащаб на времето	в реален мащаб на времето

Системата "White cloud" е предназначена за определяне местоположението на кораби и подводници в Световния океан и проследяването им чрез пеленговане на излъчванията на тяхната радиоелектронна апаратура по метода на многопозиционната пеленгация. Възможно е и

непосредствено предаване на данни за целеуказване на корабите – носители на средства за поразяване.

При пълно развързване системата включва четири групи спътници, разположени на 60 – 120 по дължината на екватора. Всяка група се изстрелва поотделно и включва четири спътника – три КА SSU (Sub Satellite Unit) и един базов КА NOSS (Navy Ocean Surveillance Satellite). Системата от четири спътника контролира всеки район на ширина 40 – 60 над 30 пъти в денонощието.

Оперативното управление на системата се осъществява от космическото командване на ВМС, а обработката на получената информация се извършва в информационния център на ВМС в Сютленд, щата Мериленд и в регионалните центрове в Испания, Великобритания, Япония и Хавайските острови.

Системата “White cloud” е основно средство за задхоризонтно разузнаване и целеуказване на ракетните системи, намиращи се на въоръжение във ВМС на САЩ. Съществуват данни, че по време на Югославския конфликт (1999 г.) системата е използвана за водене на радиотехническо разузнаване в райони на локални военни действия на суша.

Системата “Jumpseat” за разлика от разгледаните вече системи функционира на високи елиптични орбити. Спътниците от този тип са снабдени и с апаратура за радиоразузнаване. Саморазтварящите им антени формират много тясна диаграма на насоченост, което осигурява висока точност при определяне местоположението на излъчващите източници. Предвижда се новото поколение сателити “Jumpseat - 2” да се експлоатират и след 2005 г.

Спътниците от Програма 980 са геостационарни със саморазтварящи се антени тип “чадър” с диаметър до 20 m. И те са оборудвани с апаратура за радио и радиотехническо разузнаване. ИСЗ от типа “Aquacade” от същата програма могат да функционират до 2015 г. Съществуват планове да им се монтира нов тип антена с диаметър 75 m.

В края на 50-те и началото на 60-те години на миналия век във Военноморския флот на СССР започва широко внедряване на нов вид морско оръжие – самонасочващи се противокорабни крилати ракети с оперативно – тактическо предназначение. Ефективното използване на тези ракети е било невъзможно без надеждна система за задхоризонтно целеуказване по цялата акватория на Световния океан, което може да бъде осъществено само от космическа система. Така се стига до идеята и създаването на Система за морско космическо разузнаване и целеуказване. За реализацията ѝ обаче беше необходимо провеждането на широк кръг научни изследвания и решаването на редица научно – технически проблеми по създаването на:

- радиолокационни и радиотехнически средства за непрекъснато разузнаване на морската повърхност от космоса, способни при работа в автоматичен режим да откриват надводни кораби на фона на развълнуваната морска повърхност и излъчванията на корабните радиотехнически средства и точно да определят техните координати;

- космически апарати, способни да извеждат в космоса бордови средства за разузнаване, имащи автоматически действаща система за ориентация на оста на космическия апарат в орбиталната координатна система, снабдени с достатъчно мощни източници за бордово захранване и способни да коригират своето орбитално движение по команда от земята;

- система за радиоуправление на космическия апарат, оперативно и точно определяща и прогнозираща орбиталното му движение и издаваща команди за осигуряване функционирането на бордовите системи в процеса на орбиталния полет;

- автоматизиран наземен комплекс със системи за управление на космическия апарат и приемане и обработка на предаваната от него разузнавателна информация;

- корабни комплекси за разузнаване и целеуказване, осъществяващи приемане без активно запитване на информацията от спътника при негова работа в режим “открих – предавам”, селекция на главните цели за корабната групировка и въвеждане на техните координати в стрелковия комплекс на противокорабните ракети;

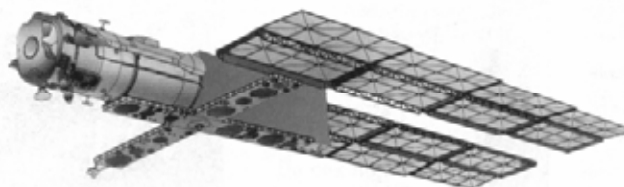
- ракетен комплекс за изстрелване на ИСЗ с строги изисквания към времето на запусък и параметрите на изходната орбита.

В периода 1961 – 1964 г. е разработен проект на спътника за морско космическо разузнаване и целеуказване, който бил наречен “УС” – управляем спътник. Първоначално се предвиждало на един космически апарат да се разположат космическа РЛС и радиотехнически пеленгатор. Но в последствие, поради ограничения в масата на бордовата апаратура, било взето решение за създаване на два типа космически апарати. Първият от тях – активен, с бордова РЛС и атомна електростанция, получил названието “УС-А”. Вторият – пасивен, с апаратура за радиотехническо

разузнаване и слънчева батерия, получил названието “УС-П”. В западните източници последният се нарича EOR-SAT (Electronic Ocean Reconnaissance Satellite).

Спътникът за морско радиотехническо разузнаване “УС-П” (фиг. 2.) е предназначен за откриване и пеленгация на електромагнитните сигнали, излъчвани от корабите на ВМС на потенциалния противник. Това позволява да се открива и определя местоположението на военно – морските групировки и да се извършва целеуказване за системите с противокорабно оръжие.

От 1988 г. спътниците от типа “УС-П” работят на орбитални височини 413 X 432 km с период 93,0 min и наклон 65grad. Такава орбита осигурява три - денонощна кратност на трасето.



Фиг. 2. Космически апарат УС-П

Може да се предположи, че щатната групировка на космически апарати тип “УС-П” трябва да включва 3 спътника. Техните орбити се фазират така, че всички спътници да се движат по едно и също трасе с отместване един от друг на едно денонощие. В предвид честите коректиращи включвания на бордовите двигатели основната величина, лимитираща срока на активно съществуване на пасивния апарат за радиотехническо разузнаване е бордовият запас от гориво.

При завършване на активното съществуване, космическият апарат изпълнява маневра за излизане от работна орбита. Спътниците, летели в периода 1975 – 1987 г. оставали на орбита до няколко години и по време на дългия неконтролируем полет в болшинството случаи се разрушавали поради взрив от останалото гориво или химическите батерии. Спътниците от второто поколение, наричани “УС-ПМ” и “УС-ПУ”, които летят от 1986 г. се извеждат от работна орбита посредством спиращен импулс. По този начин отработилите космическите апарати влизат и изгарят в атмосферата в течение на няколко седмици след прекратяване на работа. Продължителността на активното съществуване на апаратите за радиотехническо разузнаване е от порядъка на 18 до 23 месеца. Сигурно заради това последните пет спътника от типа “УС-ПУ” са изстрелвани само през м. декември. Видимо, това означава, че срокът на активното съществуване на спътниците е достигнал две години.

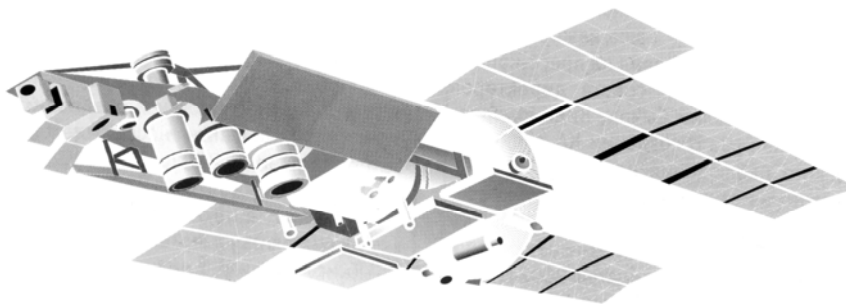
Системата за радиотехническо разузнаване “УС-П” е първата система за космическо разузнаване и целеуказване по подвижни морски цели. Своеобразна оценка за създадената система дава военно – промишления комплекс на САЩ, който разработвайки противоспътниковата система ASAT обосновава необходимостта от нейното създаване за противодействие на първо място на системата “УС-ПУ”.

Високата ефективност на създадената система особено ярко се проявява лятото на 1982 г. по време на англо–аржентинския конфликт за Фолклендските острови. Системата позволила пълното следене на обстановката по море, а по получаваната информация бил определен момента на началото на английския десант.

Създадената система “УС-ПУ” успешно решава задачите както за разузнаване на надводната обстановка, така и за целеуказване на противокорабното оръжие.

В края на 60-те и началото на 70-те, паралелно със създаването на морската система за радиотехническо разузнаване се създава и системата за радиотехническо разузнаване в широк диапазон “Целина” (фиг. 3.). В 1971 г. била приета на въоръжение подсистема за обзорно радиотехническо наблюдение “Целина-0”, а през 1975 г. – подсистема за детайлно радиотехническо наблюдение “Целина-Д”.

Но още в хода на изпитанията на космическия апарат “Целина-Д” било показано, че получаваната от него информация дава възможност не само да се откриват радиоизлъчващи средства и да се определя тяхното местоположение, но и точно да се установява тяхното назначение, характеристики и режими на функциониране. Затова започва работа по създаването на система “Целина” от второ поколение.



Фиг. 3. Перспективна спътникова платформа “Целина”

Разпадането на СССР в края на 1991 г. поставя кръст на създаването на космически апарат “Целина-3”. По напълно понятни причини било прието решение за прекратяване на разработките на нови космически апарати за националната военна космическа програма извън пределите на Русия. А производството на спътници “Целина-2” до този момент се е извършвало в Украйна.

В първата половина на 90-те години, отчитайки солидните научно – технически възможности на много предприятия от отрасъла в Русия, поръчките на ракетно – космическа техника започнали да се осъществяват на конкурсна основа. Така КБ “Арсенал” получава поръчка за създаване и изработване на космически апарати от ново поколение. В тези апарати е трябвало да бъдат реализирани функциите на УС-П (радиотехническо разузнаване за ВМФ), УС-А (радиолокационно разузнаване за ВМФ), а също така космически апарати за контрол на радиотехническата обстановка от серията “Целина”.

В резултат на натрупания научно – технически и експериментален опит в областта на създаването на средства за радиотехническо разузнаване специалистите считат, че *разработките трябва да се водят* в две самостоятелни направления:

- създаване на системи за глобално космическо радиотехническо разузнаване и целеуказване от орбитални групировки на орбити 800 – 2000 km;
- създаване на космически системи в състав 1 – 2 спътника за радиотехническо разузнаване от геостационарни орбити.

Литература:

1. М а р д и р о с я н Г., Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда, част 1, С., Марин Дринов, 2003
2. Новости космонавтики, кн. 1999-2006.
3. П е н е в П., Р. Я н ч е в, Ст. К а р е м о в, Космосът във военното дело, С., Военно издателство, 2003.

МЕТОДИ ЗА ОТКРИВАНЕ НА ЗОНИ С ПРОМЕНЛИВИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ОТРАЖЕНИЕТО

Михаил Желязов, Теодора Петрова

РУ "Ангел Кънчев" - Факултет ЕЕА, Катедра КТТ
e-mail: mjeliazov@mail.bg

Ключови думи: дистанционно сондиране, огнище на поражение, алгоритми за обработка

Резюме: На основата на обработката на данни, събрани от дистанционното сондиране на земната повърхност, е показана възможността за намиране на огнището на поражение в гора при въздействие на пожар, и получаването на оценка за последиците от радиационното замърсяване.

Намирането и мониторинга на огнищата на поражение на околната среда, в следствие на природни катаклизми, или дейности на човека са едни от важните аспекти в екологията. Част от техническите средства, годни за решаването на тази задача е методът за дистанционно сондиране на Земята от космоса, и особено когато е необходимо наблюдение на труднодостъпни райони и места, и такива, които са опасни за живота и здравето на човека. Решаваща роля в повишаването на качеството на информацията от наблюдението, играе цялостното използване на данните за един или друг участък от земната повърхност, получени с помощта на различни датчици в едно и също време, както и на един датчик или няколко в различни моменти от време. Като датчици могат да се използват: пасивни датчици с инфрачервен и оптичен диапазон, работещи в различни диапазони на честотния спектър; радиолокатори със синтезирана апертура. Последните представляват особен интерес, тъй като върху тяхната ефективност практически не влияят природните фактори и условията на осветеност.

Обикновено на етап вторична обработка на данните от отделните датчици, постъпила във вид на яркостно изображение в цифрова форма. Един от най-елементарните методи за получаване на допълнителна информация за наблюдавания обект на този етап, при съвместна обработка на изходните данни, е формирането на вторично изображение като линейни комбинации от яркостни първични изображения.

Нека изходните данни съдържат в себе си набор от M отделни изображения на един и същ участък от земната повърхност, като всяко от тях, съдържа N пиксела, а в резултат на обработката се получават L изображения. Следователно, изходните данни след обработка могат да се представят като N реализации на M и L – мерният вектор. Стойността на яркостта y_i на i -тия пиксел ($1 \leq i \leq N$) в L -то формирано изображение ($1 \leq l \leq L$) се определя чрез система от уравнения:

$$\begin{aligned} y_{1i} &= g_{11}x_{1i} + g_{12}x_{2i} + \dots + g_{1M}x_{Mi}, \\ y_{2i} &= g_{21}x_{1i} + g_{22}x_{2i} + \dots + g_{2M}x_{Mi}, \\ &\dots\dots\dots, \\ y_{Li} &= g_{L1}x_{1i} + g_{L2}x_{2i} + \dots + g_{LM}x_{Mi}, \end{aligned} \quad (1)$$

където x_{mi} е яркостта на i -тия пиксел в изходното m -то изображение ($1 \leq m \leq M$), а g_{pq} - набор от тегловите коефициенти ($1 \leq p \leq L, 1 \leq q \leq M$). Казано с други думи, за всяко ново изображение се определя набор от теглови коефициенти, които, на свой ред са поставени в съответствие с изходното изображение. В матрична форма изразите (1) могат да се представят във вида:

$$Y_i = GX_i, \quad (2)$$

където X_i и Y_i са векторни стълбове на пикселите x_{mi} и y_{li} на изходното и на преобразуваното изображение.

G е правоъгълна матрица с коефициент g_{pq} и с L редици и M стълба.

Понеже координатата x_{mi} на вектора X_i съдържа в себе си стойността на изменяния се в случайния образ яркост на отделните i -ти точки на изходното изображение, а вектора X_i съдържа случен М-мерен вектор. Той се характеризира със следната стойност:

$$(3) \quad m_X = E\{X_i\} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i,$$

където символа $E\{\cdot\}$ означава усредненото множество на i пиксела, а ковариационната матрица:

$$(4) \quad R_X = E\{(X_i - m_X)(X_i - m_X)^T\},$$

където символа Т е операцията транспониране. Аналогично за L мерния вектор за Y_i има средна стойност:

$$(5) \quad m_Y = E\{Y_i\} = E\{GX_i\} = GE\{X_i\} = Gm_X,$$

а ковариационната матрица:

$$(6) \quad \begin{aligned} R_Y &= E\{(Y_i - m_Y)(Y_i - m_Y)^T\} = \\ &= E\{(GX_i - Gm_X)(GX_i - Gm_X)^T\} = GR_X G^T. \end{aligned}$$

В зависимост от целите на вторичната обработка съществуват различни методи за избор на матрица G за линейното преобразование (2). Ще се обърне внимание на това, че по правило, изходните изображения се оказват корелирани. Това се обяснява с наличието на област със стабилни свойства и допълнителни специфични, изменящи се детайли. Подобни особености могат да бъдат разделени, ако матрицата G се избере така, че при преобразуването, изображенията да станат некорелирани, а матрицата R_Y диагонална:

$$(7) \quad R_Y = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_L \end{bmatrix},$$

където $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_L$ са някакви числа.

В рамките на даденото разглеждане, при избора на L е достатъчно да се ограничи ситуацията, когато $L = M$, а матрицата G се оказва квадратна. Както ще се види по късно, когато се увеличава L - информацията, която се получава при вторична обработка на изображението, силно се понижава.

В такъв случай, задачата за избор на G се свежда до решаването на проблема за диагонализация на матрицата R_X , така че на свой ред се съставя задача, която намира собствените стойности и собствените вектори на матрицата R_X [1]. Под собствен вектор на някаква матрица A се подразбира вектор Z, който удовлетворява уравнението:

$$(8) \quad AZ = kZ,$$

където k е число, което съответства на вектор Z и се явява едно от собствените числа на матрицата A.

Количеството собствени числа и вектори определят нейния вид. В теорията за матриците е показано, че за симетрична матрица, собствените числа трябва да са действителни, а собствените вектори ортогонални [2]. Поради което се избират собствени вектори на симетричната матрица R_X в качеството на ред от матрицата G, като се стига до диагонализация на R_Y от съотношението (6), където числата $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M$, са разположени на нейният главен диагонал и се оказват равни на съответстващите собствени стойности на собствените вектори.

Процедурата по намиране на собствените вектори предполага два етапа. В началото се намират собствените стойности на $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M$ на матрицата R_X , която се намира чрез решаване на уравнението:

$$(9) \quad \det(R_X - \lambda I) = 0,$$

където I е единична матрица.

За това се определя собствения вектор $H_1, H_2, \dots, H_M$ и се решава система от матрични уравнения:

$$\begin{aligned}
 (10) \quad & (R_X - \lambda_1 I)H_1 = 0, \\
 & (R_X - \lambda_2 I)H_2 = 0, \\
 & \dots\dots\dots, \\
 & (R_X - \lambda_M I)H_M = 0.
 \end{aligned}$$

В резултат на това решенията за всеки от M вектора $H_i (i = 1, 2, \dots, M)$ се намират от координатите $h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iM}$.

Системата уравнения (10) има множество решения. При налагането на вектора H_i на ограничения и нормиране:

$$(11) \quad \sum_{j=1}^M h_{ij}^2 = 1, \quad \text{при } i = 1, 2, \dots, M,$$

решаването на системата е еднозначно с точност до направление, тъй като, ако някакъв вектор H_i^0 е решение на системата (10), то и вектор $-H_i^0$ също ще я удовлетворява. След подреждане на векторите според увеличаването на техните собствени числа $\lambda_M < \lambda_{M-1} < \dots < \lambda_1$ координатите h_{ij} могат да се използват като теглови коефициенти в системата (1) с отчитане на:

$$(12) \quad g_{ij} = h_{ij}.$$

Алгоритъмът (1) за обработка на първичните данни при избор на теглови коефициенти в съответствие със съотношението (12) се нарича "метод на главните компоненти" (МГК), а резултатите от неговото прилагане-множествата $y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{Mi}$, ($1 \leq i \leq M$) се наричат съответно първи (PC-1), втори (PC-2) и т.н. главни компоненти [3-6].

Както е показано по-горе, обикновено стойността на x_{mi} пиксел на изходното изображение, съдържа в себе си големината на тяхната яркост и следователно са положителни числа, т.е. винаги $x_{mi} \geq 0$. В това време коефициентът g_{ij} , зависещ от ковариационната матрица R_X , може да има различен знак до колкото някой от изходните стойности $y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{Mi}$, могат да са отрицателни и техните непосредствени отражения, например на екрана на монитора, във вид на точка с определена яркост стане невъзможно. За да се избегне това в съответната l -та главна компонента е достатъчно да се добави необходимото положително изместване, което осигурява изпълнение на неравенството $y_{li} \geq 0$ ($1 \leq i \leq N$). Както следва от отношение (6), такова изместване не влияе на некохерентността на преобразуваното изображение.

Ако динамичния диапазон на изходните данни превишава динамичния диапазон на устройството за отражение, то е необходимо допълнително да се прекарат през мащабиране. Елементите от двойката на вторичното изображение, съответстващо на някаква двойка решения H_i^0 и $-H_i^0$ на системата (10), се отнасят между себе си както позитив и негатив. Избира се някое от изображенията, което по формален признак се отнася към позитивното, а същото такова към негативното е невъзможно, поради което този избор е произволен. Трябва да се отбележи, че в точката на виждане се откриват някои характерни особености на разглеждания кадър и избора може да се окаже напълно еднозначен.

В допълнение на изложеното може да се каже, че МГК има ред на вариантите [4-8]. Един от тях се състои в това, че собствения вектор се определя не чрез ковариационната матрица R_X с елементи R_{pq} , както по-горе, а чрез матрицата на коефициентите на взаимна корелация r_X с елементи r_{pq} , която се получава в резултат на нормирането на ковариационната матрица:

$$(13) \quad r_{pq} = \frac{R_{pq}}{\sqrt{E\{(x_{pi} - E\{x_{pi}\})^2\}} E\{(x_{qi} - E\{x_{qi}\})^2\}}}.$$

В този случай, при отчитане на собствения вектор се отчита единствено корелационната връзка между отделните изходни изображения, които могат да се окажат важни, ако абсолютното ниво на сигналите в отделните канали е несъществено за описаните сведения за сцената или изкривени в следствие погрешна калибровка.

Съществува разновидност на МГК, когато собствения вектор се изчислява с ковариационна или корелационна матрица, получена по някакви си части от изходното изображение. Обобщение на тази разновидност се явява прилагането на притегляща функция при отчитането на корелационните коефициенти [7].

Възможен вариант на МГК при обучение е, когато собствения вектор се определя по някакво еталонно изображение.

Така както коефициентите, които са изчислени чрез формулите (4) и (12), представляват случайни числа, то е възможно да възникне аномално изхвърляне, обуславящо не големи количества отделни пиксели в изходното изображение. Методите за борба с тези ефекти са прилагането на итеративни алгоритми, които са основани на изключване на такива „неправилни“ пиксели [8]. особеностите при формирането на главните компоненти при наличие на шум са разгледани в [9].

МГК може да се използва в система за отразяване. В случая силната корелация на данните от различните източници често основната част от информацията се съдържа в първите три главни компонента. Тогава те е възможно да бъдат отразени на дисплея чрез три цветни канала при формирането на псевдоцветно изображение. Този метод може да бъде също използван за свиване на данни [3,10,11], което е полезно при тяхната регистрация или предаване, когато се предават само главните компоненти, в които е съсредоточена основната част от информацията. МГК е перспективен при разкриване на различия между отделни изображения. Той заема особено място при съвместяване на изображенията, получени от различни източници с различни разрешения [12-14].

Освен МГК съществуват и други способи за избор на матрица G при линейно преобразуване (2). В метода на независимите компоненти МНК (ICA-independent component analysis), матрицата за преобразуване се избира така, че минимизирането на функцията на загубите, зависи само от коефициентите от трети и четвърти ред. Нейните елементи се намират чрез градиентен метод. Ако МГК формира компонентите като некоригирани, то МНК ги прави по възможност независими. Методът МНК позволява да отделят редица характерни особености в изображението [15-18].

Съвместната линейна обработка с коефициентна матрица, избрана в съответствие с МГК се използва при обработката на многоканални изображения.

Целесъобразна е бъдещата употреба на МГК за откриване и разпознаване на конкретни обекти при обработката на данни от многоканално дистанционно сондиране.

Литература

1. М а ш и н а А.П., И. В. П р о с к у р я к о в. Высшая алгебра. М.: Физматгиз, 1962.
2. К у р а ш А.Г. Курс высшей алгебры. М.: Физматгиз, 1962.
3. R e a d y P.J., P. A. W i n t z. // IEEE Trans.1973. V. COM-21. №10. P. 1123.
4. F u n g T., E. L e D r e w. // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1987. V. 53. №12. P. 1649.
5. J a c k s o n J.E. A User's Guide to Principal Components. N.Y.: John Wiley & Sons, 1991.
6. R i c h a r d s J.A. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. B.: Springer, 1993.
7. C h e n g Q. // Records Proc. IGARSS'02. Toronto, Canada. 24-28 June, 2002. Piscataway NJ, USA: IEEE, 2002. CD-ROM.
8. N i e m e y e r I., M. C a n t y, D. K l a u s. // Proc. IGARSS'1999. Hamburg, Germany. 28 June-2 Jule, 1999. Piscataway NJ, USA: IEEE, 1999. P.327.
9. C h e n g C.-I., Du Q. // IEEE Trans. 1999. V. GRS-37. №5. P. 2387.
10. L i m S., K.H. S o h n., C. L e e. // Proc. IGARSS'01. Sydney, Australia. 9-13 July, 2001. Piscataway NJ, USA: IEEE, 2001. P.97.
11. У с п е н с к и й А.Б., С.В. Р о м а н о в, А.Н. Т р о ц е н к о. // Исслед. Земли из космоса. 2003. №3. С. 26.
12. T a p l e y B. D., C r a w f o r d M. M., T. H o w a r d, D. K e i t h e t a l. // Proc. IGARSS'01. Sydney, Australia. 9-13 July, 2001. Piscataway NJ, USA: IEEE, 2001. P.824.
13. T s e n g D.-C., Y.-L. C h e n, M. S. C. L i u // Ibid. P. 1956.
14. Z h a n g Y. A. // Proc. IGARSS'02. Toronto, Canada. 24-28 June, 2002 Piscataway NJ, USA: IEEE, 2002. P.2429.
15. C h e n C. H. // Ibid. P. 1032.
16. L e e T. W. Independent Component Analysis: Theory and Applications. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.
17. C h e n C. H., X. Z h a n g // Proc. IGARSS'00. Honolulu, Hawaii. 24-28 July, 2000. Piscataway NJ, USA: IEEE, 2000. P.2620.
18. C h i a n g S.-S., C h e n g C.-I., I. W. G i n s b e r g. // Ibid. P. 3136.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА АЛГОРИТМИТЕ ЗА ВЪТРЕШНА СИНХРОНИЗАЦИЯ ПРИ БЪРЗОПРОТИЧАЩИ ПРОЦЕСИ

Теодора Петрова

РУ "Ангел Кънчев" - Факултет ЕЕА Катедре КТТ
e-mail: mjeliazov @ mail.bg

Ключови думи: измервателни мрежи, скоротечни процеси, алгоритми за синхронизация

Резюме: *Анализирайки проблема за построяване на многоканална измервателни мрежи от гледна точка на надеждна регистрация параметрите на развитие на скоротечни аварийни процеси през продължителни интервали на наблюдение, се разглежда използването на микропроцесорни регистриращи средства за измерване, реализиращи автоматична синхронизация на процеса по регистрация на измерената информация непосредствено след измерването на сигнала. Направена е класификация на алгоритмите за автоматична вътрешна синхронизация, използващи качествени признаци и количествени критерии за идентификация на полезния сигнал. Разгледани са редица алгоритми за самосинхронизация на означен клас скоротечни процеси.*

Авариите и катастрофите се характеризират с процеси от технологичен характер (запалване, аварийни взривове, изхвърляне на радиоактивни и токсични продукти), или пък резки изменения на външните условия от природен характер (земетресения, земни свличания, урагани, снежни лавини) [1], които са бързо променящи се процеси от импулсен характер. Тези бързо променящи се процеси се наричат аварии, и те оказват въздействия, предизвикващи опасни разрушения на различни обекти, застрашават живота на хората и водят до екологични катастрофи.

Анализът на съществуващите системи за управление на териториите показва, че за бързо протичащи извънредни ситуации (ИС), критичен параметър се оказва времето за вземане на решение, от което зависи големината на вредите и загубите.

За адекватното реагиране е необходима информация за динамиката на развитие на аварийния процес. Поради това е целесъобразно, средствата за наблюдение (мониторинг) да имат два режима на работа:

- наблюдение и непрекъснат контрол, с цел откриване на признаци на аварийни процеси,
- регистриране на параметрите на аварийните процеси и динамиката на развитие след неговото откриване.

При това е необходимо да се отчетат особеностите на мониторинга на аварийните процеси при потенциално опасните обекти:

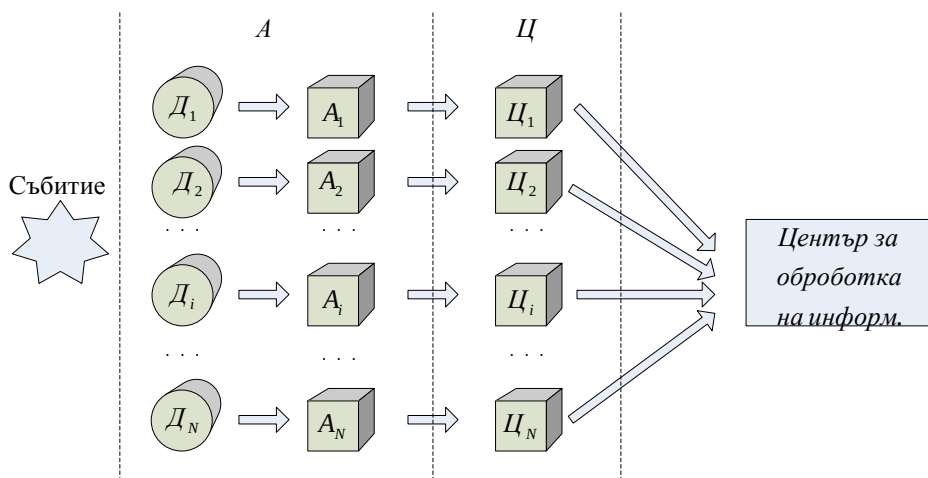
- пространствена мащабност на измерванията,
- продължителност на интервала на очаквания (мониторинга) факт ИС,
- скоротечност на аварийния процес.

Такъв режим на наблюдение, с отчитане особеностите и мониторинг на потенциално опасни обекти, може да бъдат реализиран с интелигентна система на база регистриращи средства за измерване (РСИ), с възможност за анализ на измерените параметри в мащаб на реално време [4]. При това, автоматичното превключване от първия режим във втория, може да се определи като автоматично пускане на тези средства за откриване на признаци на аварийни процеси за дълги интервали на наблюдение [5,6].

За изпълнение на функцията по регистрацията на параметрите на аварийните процеси, системата за екологичен мониторинг трябва да притежава многоканалност, да има голяма номенклатура и количество датчици от различен тип, адаптивни алгоритми за разпознаване, обработка и регистрация на информацията на параметрите на аварийния процес с импулсен характер, проявяващи се с продължителност на интервала на наблюдение и характеризирани се с:

- непредсказуемост на момента и времето на аварийния процес,
- широк честотен диапазон за регистрация на сигнала,
- невъзпроизводимост на комплекса от аварийни сигнали така, че всяка ИС е индивидуална и непредсказуема.

Предложена е концепция за построяване на интелигентна пространствено разпределена информационно-измервателна система (фиг.1), която разделя преобразуването на информацията на три важни етапа: аналогова част (А), цифрова част (Ц) и център за програмно-алгоритмична обработка.



Фиг.1. Структура на интелигентно пространствено разпределение на информационно - измерителна система

Аналоговата част на системата (А) осигурява аналогова обработка (кондициониране) на бързо изменящите се измервателни сигнали.

- съгласуване с датчиците, филтрация на шума, усилване, нормиране и съгласуване с цифровата част на системата.

Цифровата част (Ц) на системата осигурява:

- преобразуване на аналоговия сигнал в цифров вид,
- анализ и търсене в реален мащаб на време, на аварийния сигнал,
- запаметяване на измерената информация с отчитане времето на нейното постъпване,
- предаване на информацията в центъра за обработка.

Задачата за регистрация на параметрите на аварийния процес в системата за екологичен мониторинг се заключава в осигуряването и регистрацията на информацията през продължителни интервали на наблюдение и, когато има наличие на непрекъснат процес на измерване, с прилагане на автоматични шумоустойчиви методи, се взема решение за регистрация параметрите на процеса (включва се регистратора) за разпознаване на аварийния сигнал в реален мащаб от време.

Алгоритъмът, вземащ решението в реално време за регистрация на аварийния сигнал, въз основа на направения анализ на измерената информация има вида:

1. Преобразува аналоговия сигнал от датчиците в цифров вид $f_j(t) > X_j(t_i)$,
2. Анализ на сигналите от датчиците $X_j(t_i)$ в реално време:
 - отделяне на дадените априорни характеристики на j -тия сигнал $F(X_j(t_i), t_i)$,
 - сравняване с обобщения априорен модел за дадения клас сигнал W_j ,
 - автоматично вземане на решение за регистрация на сигнала,
3. Регистрация на j -тия сигнал $X_j(t_i)$,
4. Предаване на данните в центъра за обработка на информацията.

Вероятният избор на АХОВ при авария, в повечето случаи е вторичен процес, следствие от други (първични) процеси, такива като взривове, пожари, наводнения, земетресения и др. Методологията за мониторинг на потенциално опасни обекти и околната среда се изразява в това, че се прави постоянно измерване на параметрите, не само характеризиращи възможният избор на АХОВ, но и параметрите, които характеризират аварийния процес на обектите и по следващата им корелация, за определяне на ситуационния модел на развитие на ИС на най-важните обекти и околната среда, намиращи се в отделни зони за наблюдение.

Развитието на аварийните процеси най-добре, обективно и оперативно може да бъде предсказано и само въз основа на корелацията на редица параметри и мониторинга на обекта. Към тези параметри се отнасят:

- концентрация на АХОВ на обекта и окръжаващата среда,
- температура на конструкцията и окръжаващата среда при взривове и пожари,
- светлинното излъчване при пожар и избухването при взривове,
- ускорението на елементите на конструкциите и зданията при взривове и земетресения,
- затопляне на обектите при наводнения и др. непредсказуеми стихийни бедствия.

Всеки аварийен сигнал от гореизброените типове датчици имат някой с обобщен характерен вид (еталон). Такъв еталон, например, може да се формира на основата на статистично обобщение (усредняване) на няколко десетки аварийни сигнала, като се реализира всеки вид датчик във вид на времева последователност, или във вид на качествено описание на основата на няколко десетки специалист-експерти във вербален вид. Поради което, процеса на мониторинг се прави чрез непрекъснато опознаване на аварийните измерени сигнали от датчиците по метода на сравнението на всеки вид сигнал със своя еталон по програмен път в микропроцесора, или с помощта на апаратно осъществяване на тази процедура.

Фактът за наличие на аварийен сигнал от един вид датчик се проверява по време на съвпадането с аварийния сигнал от друг вид датчик, и при наличие на съвпадение (корелация), се прави извод за възникнала ИС. Вследствие изчисляването на корелационните характеристики на измерените данни, получени от тези датчици, се прави откриване на признаци за ИС, независимо от оператора, охраната и персонала на обекта.

Корелацията на измерените сигнали, необходима за установяване на какъвто и да е факт за авария. Например, при падане на мълния, светлия пламък и ударната вълна (гръм) не съвпадат по време и не следва повишаване на температурата на обекта, а при взрив на обекта, светлия пламък и ударната вълна ще си съвпадат, при което ще се повиши температурата на обекта, вследствие възникването на пожар.

По този начин се повишава оперативността, надеждността и достоверността на мониторинга при възникването на аварийни събития в обекти и в окръжаващата ни околна среда. Това позволява да се осигури системност при оценката на аварийни ситуации и автоматизиране на процесите при мониторинг. В този случай, мониторинга съдържа алгоритъм за разпознаване и изчисляване на взаимната корелация на аварийните признаци. Това ще позволи да се предотвратят аварийни ситуации в контролирани обекти за сметка на приети априорни решения, а също така и за прогнозиране развитието на аварийните процеси.

Използването на предложения метод позволява да се осигури систематичен подход за решаване на задачата по автоматизирането на екологичния мониторинг на потенциално опасни обекти, и да се разработи система за екологичен мониторинг като интелигентна, пространствено разпределена информационно-измервателна система, с отчитане на методичното изискване за комплексен контрол, не само на производствената зона на обекта, но и на окръжаващата среда, което позволява повишаване безопасността при експлоатация на обектите и, следователно, осигуряване на безопасност на населението, пребиваващо в непосредствена близост до такива обекти.

Литература

1. М а к е е в В., А м и х а й л о в, Д. С т р а ж и ц. Классификация чрезвычайных ситуаций // Гражданская защита. №1. 1996. С. 86—89.
2. Справочник по защите населения от СДЯВ. — М.: ВНИИ ГОЧС. 1995. 425 с.
3. Система екологического мониторинга при уничтожении химического оружия в Саратовской области. Монография. / Под общей редакцией проф. А.Н. Маликова и проф. В.Н. Чуписа. — Саратов. 2002. 217 с.
4. З а б о л о т с к и х В.И. Микропроцессорная система мониторинга атмосферы /Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий: Учебное пособие в 5-ти книгах. Книга 5 / Под ред. В.А. Котляревского и А.В. Забегаева. — М.: Изд-во Ассоциации строительных ВУЗов. 2001. С. 122—136.
5. А л е к с е в В.А., В.И. З а б о л о т с к и х. Помехоустойчивая синхронизация цифровых средств регистрации параметров скоротечных процессов // Датчики и системы. № 11. 2001. С. 2—6.
6. В а х р у ш е в В.И., В.И. З а б о л о т с к и х, А.В. Х о х р я к о в. Система автоматического контроля, прогноза и оповещения о газовой опасности на химически опасном объекте // Приборы и системы управления. №3. 1999. С. 13—15.
7. А л е к с е в В.А., А.В. А р е ф ь е в, Т.Г. Г а б р и ч и д з е, В.И. З а б о л о т с к и х. Адаптивный экологический мониторинг окружающей среды // Экология и промышленность России. 2002 (октябрь). С. 11—13.

ПРОЕКТИРАНЕ НА СИСТЕМА ЗА ОБРАБОТКА НА СВРЪХШИРОКОЛЕНТОВИ СИГНАЛИ

Анастасия Муратова

РУ "Ангел Кънчев" - Факултет ЕЕА Катедра КТТ
e-mail: amuratova @ mail.bg

Ключови думи: свръхширококолентови сигнали, движещи се обекти, фазов метод

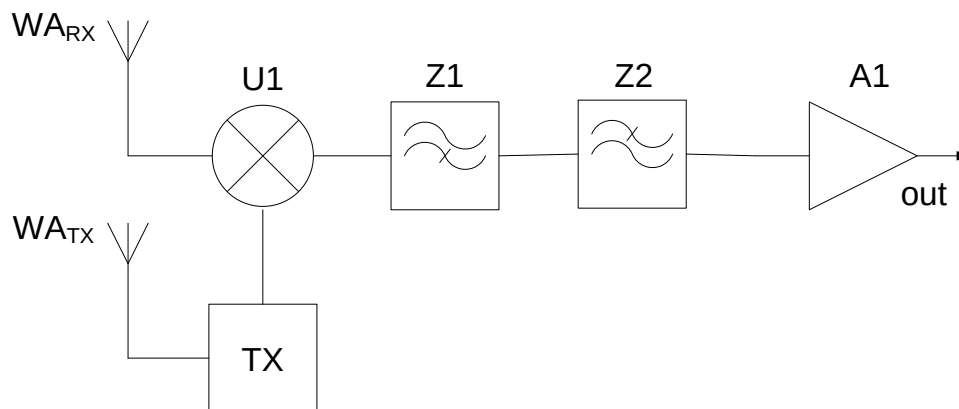
Резюме: В доклада се разглежда система за обработка на свръхширококолентови сигнали, основана на фазовия метод за откриване на движещи се обекти и измерване на параметрите им за движение, която може да бъде използвана в радарни системи с малък радиус на действие.

Въведение

В доклада се описва системата за обработка на приеманите сигнали, която може да бъде използвана в СШЛ радиолокационна станция с малък радиус на действие. За отделянето на сигнали от движеща се цел в такъв СШЛ радар се използва фазовия метод, т.к. относителните изменения на честотата на трептения, запълващи импулса на сондиране, и продължителността на сондиращите импулси, които се появяват при отразяването от подвижна цел, са много малки и практическото им измерване е много сложно.

Изложение

Фазовият метод се основава върху измерването на разликата между фазите на излъчени трептения на сондиращия сигнал и приети отразени радиосигнали. Структурната схема на системата за обработка е показана на фиг. 1.



Фиг. 1. Структурна схема на системата за обработка

В предавателя TX се формира СШЛ радиосигнал на сондиране с централна честота на спектъра f_0 и се излъчва с помощта на предавателна антена WA_{TX} .

Мигновеното значение на фазата на трептенията на сондиращия сигнал се определя по формула (1)

$$(1) \quad \varphi_1 = 2\pi f_0 t - \varphi_0,$$

където f_0 - е честота на трептене на импулсите на сондиране, φ_0 - е начална фаза на трептения.

Ако целта се движи възвратно постъпателно по синусоиден закон, тогава мигновената фаза на отразения от целта сигнал на сондиране ще се определя от израза:

$$(2) \quad \varphi_2(t) = \varphi_1(t) - 2\pi f_0 \frac{2[R_{\max} \sin(2\pi F_c t) + R_0]}{V} - \theta,$$

където $R_{\max}$ - е максимална амплитуда на трептения на целта, R_0 - минимално разстояние от датчика на антената до целта, V - скорост на разпространение на сондиращия сигнал в пространството, F_c - честота на трептения на целта, θ - ъгъл, който отчита изменение на фазата на сондиращия сигнал при отразяване.

Разликата между фазите на прекия и отразения сигнал се определя [1]:

$$(3) \quad \varphi_1(t) - \varphi_2(t) = 2\pi f_0 \frac{2[R_{\max} \sin(2\pi F_c t) + R_0]}{V} + \theta.$$

По този начин, разликата между фазите на трептенията на прекия сондиращ и отразения сигнал се определя от крайната скорост на разпространение на радиовълните, тази разлика зависи от разстоянието до отразяващия обект, и ще се променя в рамките на периодите на сондиране, вследствие промяната времето на закъснение.

Смесителя U1 сравнява фазите на опорния сигнал, който се формира в предавателя TX, и приетия отразен сигнал, а филтъра за ниски честоти Z2 във всеки период на сондиране фиксира тази разлика между фазите. Филтъра за високи честоти Z1 е предназначен за премахване на постоянната съставляваща, свързана с ъгъла θ и с отразяването от неподвижни предмети (пасивни смущения). След това получения сигнал се усилва посредством усилителя на ниски честоти A1 и постъпва на входа на системата. Получения по този начин сигнал е пропорционален на разликата на фазите между сондиращия сигнал (опорния сигнал) и сигнала, отразен от подвижната цел (3).

В доклада се разглежда математичен модел, при който в качеството на опорен сигнал се използва видеоимпулс с Гаусова обвиваща. Избора на такъв вид опорен сигнал позволява да се реализира, разглежданата в статията, система с най-малко загуби. Математически такъв сигнал се описва по следния начин:

$$(4) \quad s(t) = E_s e^{-2\frac{t^2}{\tau_s}}$$

където E_s - е максималната амплитуда на сигналите на стробиране, τ_s - продължителността на импулса на стробиране по ниво, която е 0,606 от максималната стойност на амплитудата.

Математически израз, описващ работата на системата:

$$(5) \quad W = \frac{1}{R} \int_{-\infty}^{\infty} u(t)s(t)dt$$

където $u(t)$ - е приетият, отразен от целта сигнал, $s(t)$ - опорен сигнал, който се формира в предавателя, и е кохерентен със сондиращия сигнал, R - съпротивление на натоварването.

За намаляване големината на постоянната съставляваща, която се появява вследствие отразяването на сигнала от неподвижна настилка на повърхността е целесъобразно опорния сигнал, фазиран с излъчвания сигнал, да се подава в момент от време, когато приемания сигнал преминава през нулата. В този случай се получава:

$$(6) \quad \begin{aligned} W &= \frac{E_m E_s}{R} \int_{-\infty}^{\infty} \left(e^{-2\frac{t^2}{\tau^2}} e^{-2\frac{t^2}{\tau_s^2}} \sin\left(2\pi \frac{t}{T_s}\right) \right) dt = \\ &= \frac{E_m E_s}{R} \int_{-\infty}^{\infty} \left(e^{\left[-2\left(\tau^2 + \tau_s^2\right) \left(\frac{t^2}{\tau \tau_s}\right)^2 \right]} \sin\left(2\pi \frac{t}{T_s}\right) \right) dt = 0 \end{aligned}$$

където T_s - е период на трептене на сондиращия сигнал, τ - продължителност на приемания сигнал; τ_s - продължителност на опорния сигнал, E_m, E_s - максимална амплитуда на приемания и опорния сигнал.

Енергията, която се отделя при натоварване на филтъра на ниски честоти Z2, е равна на нула при всякакво съотношение на продължителността на импулса на стробиране и продължителността на приемания сигнал. Това се описва с формула (6) [2].

За да се оценят загубите, които се получават в процеса на обработка, се променя фазата на приемания сигнал на 90° . Енергията на взаимодействие на приеманите сигнали и сигналите на стробиране (опорните сигнали) на изхода на системата (фиг. 1), в случая се определят с израза [2]:

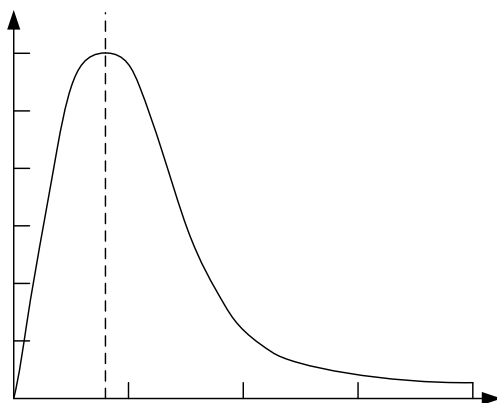
$$(7) \quad W = \frac{1}{R} \int_{-\infty}^{\infty} u(t)s(t)dt = \frac{E_m E_s}{R} \int_{-\infty}^{\infty} \left(e^{-\frac{t^2}{\tau^2}} e^{-\frac{t^2}{\tau_s^2}} \cos\left(2\pi \frac{t}{T_s}\right) \right) dt =$$

$$= \frac{E_m E_s}{R} \int_{-\infty}^{\infty} \left(e^{\left[-2\left(\tau^2 + \tau_s^2\right) \left(\frac{t^2}{\tau \tau_s}\right)^2 \right]} \cos\left(2\pi \frac{t}{T_s}\right) \right) dt$$

След решаването на интеграла се получава:

$$(8) \quad W = \frac{E_m E_s}{2R} \frac{\tau_s \tau \sqrt{2\pi}}{\sqrt{\tau^2 + \tau_s^2}} e^{-\left[\frac{(\pi \tau_s \tau)^2}{2(\tau^2 + \tau_s^2) T_s^2} \right]},$$

графиката на тази функция в зависимост от продължителността на импулса на стробиране е показана на фиг. 2.



Фиг. 2. Зависимост на енергията, която се отделя при натоварване на системата за обработка, от продължителността на импулса на стробиране (τ_s) при

$$E_m = 1 \quad E_s = 1 \quad \tau = 5,38 \quad T_s = 2,5 \quad R = 50$$

На графиката много добре се вижда максимума на функцията. За да се определи оптималната стойност на продължителността на импулса на стробиране, при която възникващата при натоварване на системата енергия е максимална, е необходимо да се диференцира по τ_s енергията на сигнала (8). След това полученото уравнение се приравнява на нула, и се получава оптималната стойност на опорния сигнал.

$$\begin{aligned}
 (9) \quad W' &= \left[\frac{E_m E_s}{2R} \frac{\tau_s \tau \sqrt{2\pi}}{\sqrt{\tau^2 + \tau_s^2}} e^{-\left[\frac{(\pi \tau_s \tau)^2}{2(\tau^2 + \tau_s^2) T_s^2} \right]} \right]' = \\
 &= -\tau^3 \sqrt{2\pi} \frac{E_m E_s}{2R} \frac{[(\pi \tau_s \tau)^2 - (T_s \tau_s)^2 - (T_s \tau)^2]}{T_s^2 (\tau^2 + \tau_s^2)^{5/2}} \exp \left[-\frac{(\pi \tau_s \tau)^2}{2 T_s^2 (\tau^2 + \tau_s^2)} \right] = 0
 \end{aligned}$$

Решението на уравнението се определя по формула:

$$(10) \quad \tau_s^{\max} = \pm T_s \tau \frac{\sqrt{(\pi \tau)^2 - T_s^2}}{T_s^2 - (\pi \tau)^2} \text{ или } \tau_s^{\max} = \pm 2 \frac{\tau}{\sqrt{(\omega_0 \tau)^2 - 4}},$$

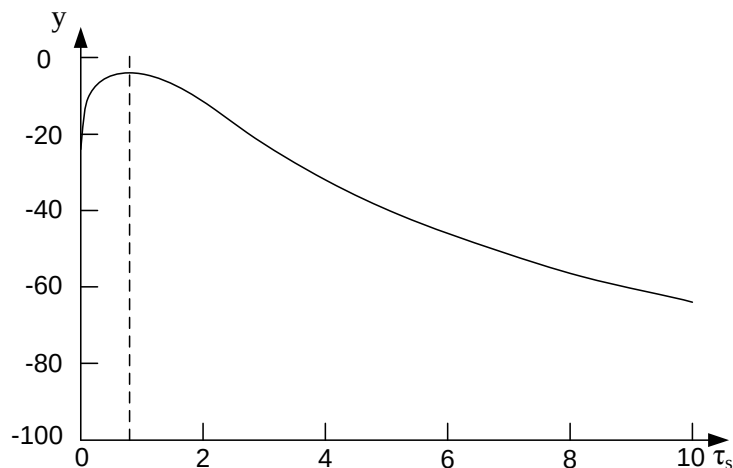
където τ - е продължителност на приемания сигнал, ω_0 - кръгова честота на трептения на сондиращия сигнал.

След анализа на уравнението (9) могат да се направят следните изводи: оптималната продължителност на импулсите на стробирание практически не зависи от продължителността на приемания сигнал, а зависи от честотата (периода на трептене) на трептения на приемания сигнал; увеличаването на продължителността на приемания сигнал (при постоянна честота на запълване) води до пропорционално увеличаване на енергетичните загуби, които се появяват при дадения вид обработка.

Относителното ниво на загуби, които се получават в процеса на обработка, се определя като отношение на енергията, която възниква при натоварване на системата за обработка (8), към пълната енергия на сигнала.

$$(11) \quad \gamma[dB] = 10 \log \left(\frac{W_{out}}{W_{total}} \right) = 10 \log \left[2\sqrt{2} \frac{E_s \tau_s \exp \left[-\frac{(\omega_0 \tau_s \tau)^2}{8(\tau^2 + \tau_s^2)} \right]}{E_m \sqrt{\tau^2 + \tau_s^2} \left[\exp \left[-\left(\frac{\omega_0 \tau}{2} \right)^2 \right] - 1 \right]} \right]$$

Графика на функция на загубите при обработката, в зависимост от продължителността на импулса на стробирание, е показана фиг. 3.



Фиг. 3. Зависимост на величината на загуби (dB), които се получават при обработката, от значението на продължителността на импулса на стробирание ($E_m = 1$ $E_s = 1$ $\tau = 5,38$ $R = 50$ $\omega_0 = 2.51$)

Минимални загуби за разгледания случай ($E_m = 1$ $E_s = 1$ $\tau = 5,38$ $R = 50$ $\omega_0 = 2.51$) се постигат при оптимална продължителност на импулса на стробиране, което се определя по формула (10) и е равно на $-5.95dB$.

Заключение

За отстраняване на пасивните смущения, които се получават при локация на подвижни цели, е необходимо да се избира такова времево положение на импулса на стробиране, че момента на подаване на този импулс да съвпада с момента за преминаването на трептенията на приемания сигнал, през нулата (максимална стойност на производната функция на сигнала). В този случай на изхода на система се образува постоянна съставляваща, обусловена с отразяването на сондиращите сигнали от неподвижни предмети и постилащата повърхност.

За намаляването на загубите, възникващи при обработката, продължителността на видеоимпулси на стробиране с гаусова форма е необходимо да се определя по формула (9).

Литература

1. М и т я ш ч е в В.Н., *Sovetskoe radio*, Determination of the temporary provision of pulses at presence of interferences, *Sovetskoe radio*, 1982.
2. С а м к о в С.В., Обработка сигналов в сверхширокополосном радаре малой дальности, – М: Радио и связь, 1993.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ГЕОФИЗИЧНИ ПЕРТУРБАЦИИ В АСИМЕТРИЧНО РАЗВИТИЕ НА КОНФЛИКТ

Деян Гочев

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: dejan@space.bas.bg

Ключови думи: конфликт, асиметрия, пертурбации

Резюме: Коментирани са възможни приложения на някои явления в околоземното космическо пространство с цел влияние на хода на военно-стратегическо противопоставяне. Използва се естественото или контролирано активизиране на елементи и цикли от взаимосвързани геофизични процеси. Локалното и временно изменение на средата действа като маскиращ „шум“ или блокира функционирането на оръжейни системи. Обърнато е внимание върху съотношенията „цена-скритост-ефикасност“. Обсъжда се бъдещото регулиране на използването на принципно новите форми за влияние върху пространството на развитие на конфликта.

THE USE OF GEOPHYSICAL PERTURBATIONS IN THE COURSE OF AN ASSYMETRICAL EVOLUTION OF A CONFLICT

Deyan Gotchev

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: dejan@space.bas.bg

Key words: conflict, asymmetry, perturbations

Abstract: In the paper are presented some comments on possible applications of space physics' phenomena for influencing the development of a military-strategic confrontation. The natural or controlled activating of interconnected geophysical processes' elements and cycles are used. The local and temporary changes in the environment act as a camouflage noise or inhibit the weapons' systems performance. The relation "costs-obscurety-efficiency" is in the focus of attention. A brief discussion is made about the future regulation of the use of based- on-new-principles forms for influencing the space of conflict's development.

В следващите две десетилетия населението на Земята ще наближи 9 млрд., 90% от което ще е от слабо развитите страни - 80% прираст в централна и южна Африка, 130% в Близкия Изток, като тези до 25 год. ще са е 80% глобалното население. 50% от населението света ще живее в градска среда. Демографските, социални и икономически противоречия ще създаде нови фактори за интензивно възникване на нестабилности: екологични-дефицит на ресурси и вода, религиозни - фундаменталистки радикализъм, в управлението на обществата- екстремистки, деструктивни, терористични. Глобалната миграцията създава нови динамични интеграционни процеси, а конфликтите ще се развиват между трансдържавни съобщества, което внезапно може да ескалира глобален хаос.

Комплексната прогноза на сценарии за развитие е невъзможна при съществуващите информационен дефицит, слаб понятиен апарат и оценъчни критерии, управленски снобизъм и елитарност. Нужно е да се създават методи за: филтриране на шума и дезинформацията в моделирането на кризи и сведенията за катастрофи, търсене на нови вътрешни (структурни, трансформационни, флукуационни) системни характеристики, определяне на векторите на активност в „мозайката“ от кризисни противоречия и тяхното регулиране. За последното е важно да е с минимални съотношения „енергиен разход/ефект“, „уязвимост/трайност“ и „време на прилагане/спектр“.

*Работата е по тематиката на договор 1507/2006 с МОН.

Постигането на тези цели е чрез множество техники за целенасочено въздействие и промяна върху динамиката и структурата на геосферите и съответните биоценози. „Екзотиката“ му се определя от: мащабите (климат, метеовреме, поведение на биологични обекти) и физическите форми на влияние (дозирано прилагане на енергии в предварително подбрани управляващи периоди и области), видовете базиране и маневреност, пряката до абсолютност значимост за вземането на решения.

Заради особеностите си (времево и енергийно дозиране, точност, скритост поради многозначността на естествения фон, неуязвимост, базиране – мобилно, дистанционно (геосинхронна орбита)) използването на **пряко насочено електромагнитно излъчване (ПНЕМИ)** също има широк спектър на приложение върху околната среда и човешкия организъм. Неразличими от симптомите на конвенционални заболявания ефектите му са с трайност регулируема до леталност. Изкуственото модулиране на локалното геомагнитно поле създава електронен „смог“. Той има ретардно и латентно разрушително действие върху процесите управляващи хомеостаза на човека. Чрез генерирани усещания за обърканост, депресия, тревожност контролираното подчинение трайно и необратимо се екстраполира в разпадане на обществата. ПНЕМИ е използваемо и за поведенчески контрол, информационен мониторинг, манипулиране на електронна апаратура. За влияние върху логистичната йерархия на конкурентни страни се използва за въздействие върху космически апарати заради предимствата му (простота, липса на следи, неразрушимост) пред кинетичния прехват (съмнения за реалност на случаен сблъсък).

За създаване на временни избирателно защитни електромагнитни екрани се използват подходящо разположени (в полярен овал) наземни инсталации за насочено локално модулиране на йоносферната плазма. Многозначността на използваните физически процеси позволява и влияние върху: глобалните комуникации, активността на атмосферните центрове на действие, тектонични процеси, телурични токови системи, находища на природни ресурси, изкуствени мега структури, човешкия мозък. Тя крие и рискове от хаотизация на климатични и магнитосферни явления с потенциал за преминаване в пагубни за човечеството режими поради разрушаване на естествената радиационна защита, промяна на атмосферния състав, климатични промени стимулиращи изменения в биоценозите.

Въпреки енергийния потенциал на разрушителни метеоявления (ураган, торнадо, мълния) нелинейните нестабилности в атмосферната и океанска енергетика създават опции за скрито техногенно въздействие върху нейни елементи- налягане, пренос на маса, фазови преходи на водата, термичен радиационен баланс.

Синергетиката на климатичните процеси дава възможност както за влияние на изхода на локален конфликт чрез дребно-мащабно регулиране (нарушаване на водния кръговрат; внезапни, кратки и мощни атмосферни вихри; „необясними“ солитони във водни басейни) на условията по време на операция, така и за създаване на аргументи (глад от суша, нарушаване на икономическо-финансовата стабилност и пренасочване на ресурси и внимание към борбата с бедствията, неутрализиране на природния хабитат на противникови сили) във външно-политически спор. Неизползването на човешки ресурс в бойни действия и дискретното и пестеливо прилагане правят **климатичното модифициране** в ключов елемент от националната сигурност. Стратегическият анализ на „непредвидими“ събития в някои държави, на тематиката на изследователски проекти и военно-образователната подготовка в техните противници поражда съмнения за оперативно прилагане на обсъждани оръжейни системи.

Пример за асиметричен прием е и планирането на сценарии за конфликт според: възможните естествени изменения на климата създаващи промени на: бреговата ивица, залесеността, устойчивостта и вида на земните маси, елементите на хидроложкия цикъл, преноса на замърсители; следствията върху биоценозите - замърсяване, епидемии, глад; съответните отражения върху стабилността на обществата.

Ефективността на коментираните оръжейни системи се мултиплицира от комбинираното и избирателно прилагане (раса, възраст, органи, биохимични елементи) на **биологично оръжие**. Нестабилностите от прилагането на климатично оръжие ще усложнят определянето на влиянието на резки промени в природната върху посоката и темпото на развитие на човешките цивилизации. Поради липсата на самосъгласувана концепция за човешко здраве и на изчерпателен дълготраен мониторинг, влиянието на предизвиканите промени в ритмите на природната среда върху стотиците циркадни биоритми еднозначно ще смути и застраши адаптацията на човека.

Пример за антропогенно създадена и неразличима от природната е креативната деструкция на **нанотехнологиите**. Влиянието им в екология, медицина, информатика кардинално променя света, в който живеем. Възможностите им за модифициране и самовъзстановяване на природната среда са в основата на неопределими и неуязвими отворени сценарии за физически и психически контрол. Ще се размие понятието „баланс на силите“ поради промяна на ресурсните и информационни ограничения, както и от новосъздадената самодостатъчност на ключови социални структури. Поради

разностранната перспективност на приложение на нанотехнологиите съществуват рискове относно устойчивостта и формите на еволюция на поведението им, както и юридическото им регулиране.

Балансирането в еволюцията на стратегически конфликт е възможно, ако се действа според парадигмата за самоорганизация в преходни области на поле от хаотично проявяващи се сили. Евристичният дуализъм в концепцията за бифуркация се проявява при трансформациите на 2-та елемента на диадата „**атака-защита**” чрез спонтанна промяна на значимостта на времевите им константи, независимо от асиметрията от обобщеното доминиране на агресивната опция. Нейното прилагане при криза еднозначно саморазрушава системата.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСНОВНИ ЕКСПЛОАТАЦИОННИ КРИТЕРИИ ПРИ ИЗБОР НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЕН ИЗТРЕБИТЕЛ

Светлозар Асенов

Технически университет – София, филиал Пловдив

DEFINING THE BASIC EXPLOITATION CRITERIA FOR CHOOSING A MULTIFUNCTIONAL FIGHTER AIRCRAFT

Svetlozar Asenov

Technical University - Sofia, Plovdiv Branch

Abstract: *The choosing of new aircrafts and helicopters for the Bulgarian Air Force is very important for Bulgarian army management. The future multifunctional fighter aircraft should comply with a number of requirements in correspondence with many factors. Defining the appropriate operation criteria is a very important stage of the process of choosing a modern fighter aircraft.*

Изборът на нови самолети и вертолети за българските ВВС, за замяна на наличните в момента образци, които по редица причини: морално остаряване, неудовлетворителни тактико-технически и експлоатационни характеристики и неприспособеност към военната доктрина на страната, е от изключително важно значение за ръководството на Българската армия.

Новите възгледи за водене на войната, в условията на глобализация и спецификата на терористичните актове, налагат своя отпечатък и при избора на новите образци техника и въоръжение. Актуалните днес въпроси – променена ли е същността на войната, каква е нейната особеност днес, как военната сила ще се използва в близко бъдеще, налагат своето влияние върху важния за ВВС въпрос – с какъв изстребител да бъдат въоръжени те.

Изискванията към бъдещия многоцелеви изстребител са многообразни и се определят от фактори като: задачи възложени на ВВС, участие в коалиционни сили, условия за обучение на личния състав, финансови възможности на страната, количество на поръчката, инвестиционни проекти и др.

От посочените фактори могат да се определят няколко основни групи изисквания към бъдещия изстребител:

- високи бойни възможности, летателни характеристики, оборудване и въоръжение;
- многоцелевост - успешно изпълнение, както на задачи за действие по въздушни цели, така и за действие по земни цели и разузнаване, дори в една и съща мисия;
- високо ниво на оперативна съвместимост с коалиционните партньори, както при действията във въздуха, така и при логистичното обслужване на земята;
- ниски експлоатационни разходи и опростено обслужване;
- доказан в процеса на експлоатация в мирно време и използването при реални бойни мисии;
- относително ниска цена.

Определянето на подходящи критерии се явява най-важният етап в изследването за избор на съвременен изстребител. Тези критерии трябва да дадат количествен и качествен израз на въпроса, доколко изследваният тип отговаря на посочените изисквания и да послужи като база за сравнение на различните изстребител.

В таблица № 1 са отразени характерните черти на няколко поколения летателни апарати (ЛА), особеностите в тактико-технически, технологичен и експлоатационен план. Налага се изводът, че с всяко следващо поколение се подобряват експлоатационните характеристики, като технологичност, трудоемкост, надеждностни показатели и ефективността на прилаганата система на техническо обслужване и ремонт (ТОиР).

Таблица 1

№	Поколение /години на използване/	ХАРАКТЕРНИ ОСОБЕНОСТИ НА ПОКОЛЕНИЕТО		
		Тактически	Технически и технологични	Експлоатационни
1	2	3	4	5
1.	Първо поколение /1944 - 1956/	1. Бойното използване се определя от опита от Втората световна война и съществуващото бордово въоръжение.	1. Бурно развитие на технологичната база. 2. Използване на въздушно-реактивни двигатели. 3. Навлизане на металните конструкции на самолетите.	1. Ниска експлоатационна надеждност.
2.	Второ поколение /1947 - 1966/	1. Преход към идеологията за далечен въздушен бой. 2. Приоритет за използване на атомни бомби. 3. Тенденции за създаване на многоцелеви самолети.	1. Интензивно развитие на технологиите на самолетостроенето, радиолокационните средства и бордовите ракетни комплекси.	1. Прилагане на научните подходи при организиране на техническото обслужване и ремонт. 2. Големи трудовозагуби при монтажни и демонтажни работи. 3. Ниска експлоатационна надеждност
3.	Трето поколение /1959 -1975/	1. Развитие на идеологията "самолет за завоюване превъзходство във въздуха". 2. Отказване от концепцията за многоцелеви изстребител. 3. "Завръщане" на идеята за близък въздушен бой. 4. Разширяване на гамата от тактически методи за бойно използване на фронтовите самолети.	1. Развитие на бордовите авиационни РЛС. 2. Формиране на идеологията за "бордови авиационен комплекс". 3. Поява на бордови системи РЕБ. 4. Разширяване на номенклатурата на АСП по въздушни и наземни цели.	1. Разработка и прилагане на научните основи за създаване на унифицирана техника. 2. Разработка на многофункционални средства за наземен контрол. 3. Утвърждаване на изисквания за експлоатационна технологичност. 4. Удовлетворителна експлоатационна надеждност на ЛА.
4.	Четвърто поколение /1974 - до днес/	1. Създаване на многофункционални ЛА. 2. Оптимизиране на информационното поле в кабината и интерфейса на бордовите комплекси. 3. Разширяване диапазона от експлоатационни претоварвания и маневреност на бойните ЛА. 4. Формиране на семейства ЛА на основата на базов самолет. 5. Разширяване ролята на АСУ при водене на бойни действия.	1. Развитие на бордовите изчислителни комплекси. 2. Интеграция на бордовите системи в единен бордови комплекс. 3. Съкращаване на многотипността на АТ. 4. Организация на системата от въоръжение. 5. Разработване на всеракурсни авиационни ракети. 6. Разработване на ТРДДФ с променлив работен процес.	1. Разработка на стандарти за унификация на бордовото оборудване. 2. Приоритет за показателите за ТОР: - ниски трудовозагуби; - съкратени срокове за подготовка с различни варианти на въоръжение. 3. Високи надеждностни характеристики на оборудването. 4. Разработка на автоматизирани аналитични средства за контрол параметрите на ЛА. 5. Подобряване на системата за техническо обслужване.

5.	Пето поколение /1983 - до днес/	1. Формиране на идеологията "система от системи"-бойният самолет е единна система, изпълняващ бойни задачи в единно информационно поле форми- рано от АСУ на бойните действия на целия театър. 2. Възможност от пълна реализация на бойните възможности в условията на взаимодействие с АСУ на БД.	1. ЛА са изпълнени по технологиите за максимално удовлетворяване на съвкупни противоречиви изисквания: - незабележимост и свръхманевреност; - модулност на бордовите системи и въоръжението с променливо програмно осигуряване; - конформно разполагане на бордовото въоръжение и многовариантност.	1. Приоритет на икономическите показатели над бойните показатели на АТ. 2. Намалено количество личен състав за обслужване. 3. Минимални трудозагуби в обслужването. 4. Висока експлоатационна надеждност 5. Нови стратегии за техническо обслужване и ремонт.
----	---------------------------------	---	--	---

От таблица № 2, където са представени стойностите на експлоатационните характеристики на самолетите от фронтовата авиация се налага извода, че тези от четвърто поколение притежават следните значения:

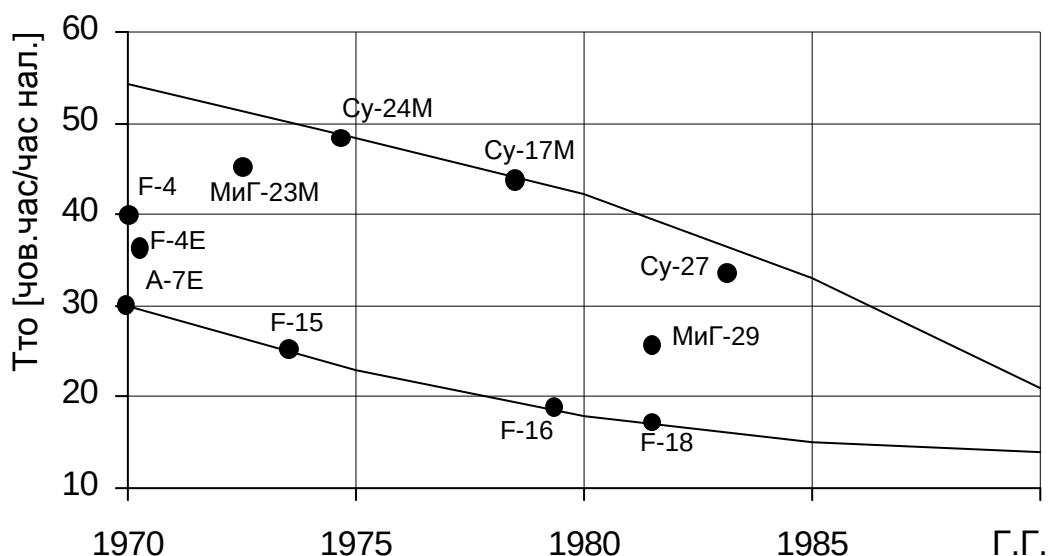
- относителна трудоемкост на техническото обслужване (Т то) – 15 -30 чов. час / час полет;
- средно пролетяно време на една неизправност (Т н) - 2 -3 часа / неизправност;
- относително количество обслужващ персонал на единица тегло (N оп) – 1,0 – 1,5 чов./тон;
- коефициент на готовност за използване (Кг) - 70 – 85 % ;
- стойност на фронтовите изтребители (Сфи) – 30 – 40 мил \$

Таблица 2

№ по ред	ПОКОЛЕНИЕ ФРОНТОВИ САМОЛЕТИ	ЕКСПЛОАТАЦИОННИ ХАРАКТЕРИСТИКИ				
		Т н, час/неиз.	Т то чов. час / час	N оп чов./тон	Кг %	Сфи, мил \$
1.	Първо поколение /1944 - 1956/		35-70	2,5-3,5	45-50	5 - 10
2.	Второ поколение /1947 - 1966/	2,5-5,0	30-60	2,0-3,0	50-60	10 - 20
3.	Трето поколение /1959 - 1975/	2,0-3,5	25-55	1,5-2,0	60-70	20 - 40
4.	Четвърто поколение /1974 - до сега/	1,5-3,0	15-35	1,0-1,5	80-85	35 - 50
5.	Пето поколение /1983 - до сега/	1,0-2,0	10-25	0,5-1,0	90-95	70 - 110

На фиг. 1 е показана динамиката на изменението на относителната трудоемкост на техническото обслужване на тактическите (фронтовите) самолети. Този показател намалява за типовете от четвърто поколение благодарение на по-съвременните форми на техническо обслужване, внедрените системи за автоматизиран контрол, увеличеният им ресурс и наличната механизация за замяна на агрегатите и блоковете. Като пример може да се посочи, че почти два пъти е намалява трудоемкостта на обслужването на изтребителите от четвърто поколение МиГ-29 и Су-27 по сравнение с тези от трето поколение МиГ-23 и Су-22. Същевременно относителната трудоемкост на ТоиР на тактическите самолети в процеса на експлоатацията на ЛА, особено в началния период, намалява поради наличните конструктивно-производствени недостатъци и несъвършенство на системата на техническо обслужване. Така например, за времето на експлоатация на самолетите от семейството на МиГ-23 г. този показател се е изменил от 16-26 човеко-часа на час полет през 1980 г. до 8-16 през 1985-1988 г. г.

Значително почти два пъти намалява и техническият персонал за обслужване, отнесен към единица маса на самолетите-изтребители F-16 и F-15, по сравнение с изтребителя от второ поколение F-4 . Бележи тенденция към увеличаване и средната наработка на една неизправност в полет за тактическите самолети от четвърто поколение. Всички тези добри експлоатационни показатели позволяват самолетите от четвърто поколение да постигнат висок коефициент на готовност за използване - 80-85 % .



Фиг.1

От своя страна подобренията експлоатационната технологичност на авиационната техника (АТ) позволява значително да бъдат намалени разходите за целия жизнен цикъл на ЛА. Стойността на бойните самолети отразява разходите за тяхното създаване и това икономическо натоварване, което ще поеме държавата, приемайки на въоръжение даден тип ЛА. Анализът на параметрите на бойните самолети от четвърто поколение показва тяхната висока цена в рамките на 20- 50 мил.\$, а прогнозите за цените на самолетите от пето поколение се очаква да са в диапазона 70-110 хил.\$.[7].

При прилагане на съвременните стратегии за техническа експлоатация на ЛА, значително се съкращават разходите за обслужването им, като се запазва зададеното ниво на безотказност на системите на самолетите и вертолетите, бойната им готовност (изправност) и безопасност на полетите в пределите на определените ресурси и срок на служба.

Намаляването на експлоатационните разходи при използването на перспективните идеологии за ТО се осигурява чрез:

- замяна на трудоемките и скъпоструващи планови ремонти на ЛА и допълнителните форми на регламентни работи с голяма периодичност и контролно-възстановителни работи;
- намаляването на потребните обеми от фондове със запасни части;
- намаляване на трудоемкостта на ТО поради прилагане на рационални режими на ТО.

Осигуряването на високи показатели на експлоатационната надеждност на ЛА води до повишена безотказност на полета, намалени трудовозагуби и намаляване потребностите от резервни части.

Необходимостта от изискването за високи показатели на надеждностните характеристики и ефективно логистично осигуряване се определя от факта, че самолетите от трето поколение използвани във военните конфликти са осъществили от 2 до 3 пъти повече самолетоизлитания в сравнение с тези от първо поколение.

Важен показател за съвършенството на ЛА е и коефициентът за експлоатационна готовност – Кг, който представлява отношението на сумата на пролетяното време и престоя на ЛА в боеготово състояние, към сумата от нальота и продължителността на престоя на ЛА за ТО и в очакване за ТО, поради организационни причини. Постигането на високи значения на този показател се обяснява с подобренията ТО и материално-техническо осигуряване.

Извършените разсъждения налагат важния извод, че оценката на експлоатационното съвършенство (качество) на ЛА, като съвкупност от експлоатационно – технически характеристики е важен критерий, който трябва да бъде задължително анализиран при избора на многофункционалния изстребител за българските ВВС.

При определяне на основните експлоатационни критерии за избор на многоцелеви изстребител е необходимо те да се представят и в числови изрази, а тежестта на всеки един от тях се определя с методите на експертните оценки. Тяхната оценка ще даде възможност обективно да бъде взет в предвид един важен основен техническо-експлоатационен критерий.

На основата на извършения комплексен анализ се налагат следните експлоатационни критерии, които трябва да се оценят при избора на новия многофункционален изстребител за българските ВВС:

1. Прилагана система за техническо обслужване и ремонт (структура и периодичност на техническото обслужване и ремонт) ;
2. Трудоемкост на техническото обслужване и ремонта;
3. Продължителност на техническото обслужване и ремонта;
4. Надеждности характеристики;
5. Експлоатационна технологичност;
6. Определени технически ресурси.

Литература

1. П о н а м а р е в А.Н. Авиация настоящего и будущего. М., Воениздат , 1984 , 256 с.
2. Г о р ш к о в В.А., В.И. Б у т ы р и н , С.В. К о н о р е в и др. Современные эксплуатационные технологии технического обеспечения ВВС. Люберцы , 2002, 342 с.
3. М ы ш к и н Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники. М., ВВВИ „Н.Е.Жуковского“, 1998 , 267 с.
4. D o n a l d D. The Pocket Guide to Militari Aircraft and the World-s Airforces .Octopus Publishing Group Ltd, 2001 , 192 pg.
5. С о в е н к о А.Ю. “Грипен” и его конкуренты, журнал “Авиация и время” №6, 1998
6. К о н ы ш е в В.Н. Война в условиях глобализации, Fulbright Alummis , Москва, 2002, 25-29 с.
7. И л ь и н В., И. К у д и ш и н . “F-22 RAPTOR” – первый американец в пятом поколении. “Вестник авиации и космонавтики” № 8 , 1998 , 16-18 с.

ГАЗОДИНАМИЧНО ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТУРБОРЕАКТИВНИ ДВИГАТЕЛИ С ИНТЕРАКТИВНА ПРОГРАМНА СИСТЕМА

Въльо Николов, Димитър Малинов, Станимир Пенчев, Красимир Амбаров

Технически университет – София, филиал Пловдив

GAS-DYNAMIC CALCULATION OF TURBOJET ENGINES WITH INTERACTIVE PROGRAM SYSTEM

Valyo Nikolov, Dimitar Malinov, Stanimir Penchev, Krasimir Ambarev

Technical University - Sofia, Plovdiv Branch

Keywords: Turbojet engines, interactive training

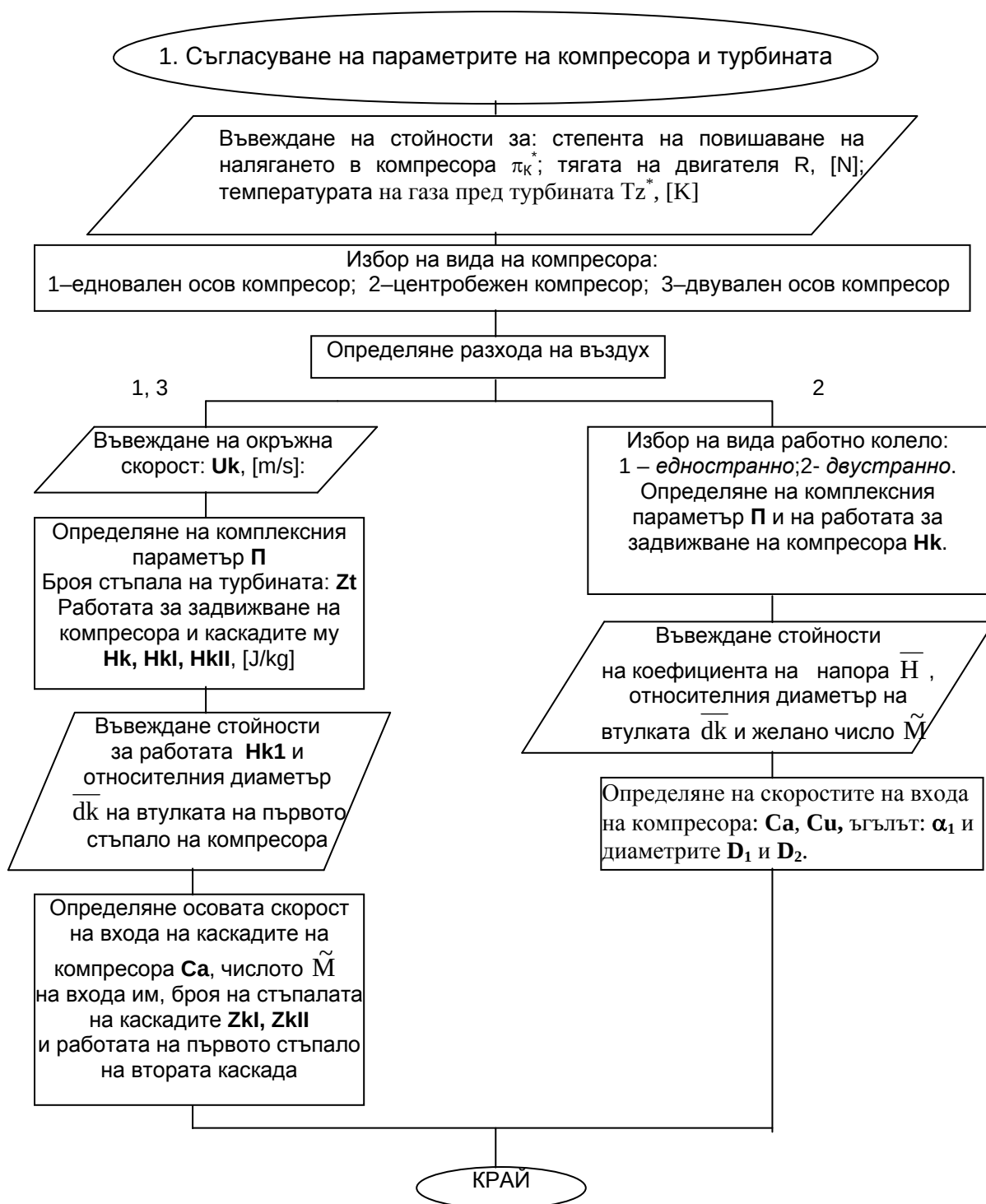
Abstract: The object of the present work is an interactive program system for gas-dynamic calculations of turbojet engines, created in Matlab environment. The system provides opportunities for coordination of the one-shaft and two-shaft parameters of turbojet engines, and for gas-dynamic calculations of the basic elements of these engines.

Интерактивната програмна система за газодинамични изчисления на турбореактивни двигатели представлява развитие на системата, публикуваната в [2]. Тя също е изградена на модулен принцип в средата MATLAB. Нейната основна блок-схема е показана на фиг. 1.



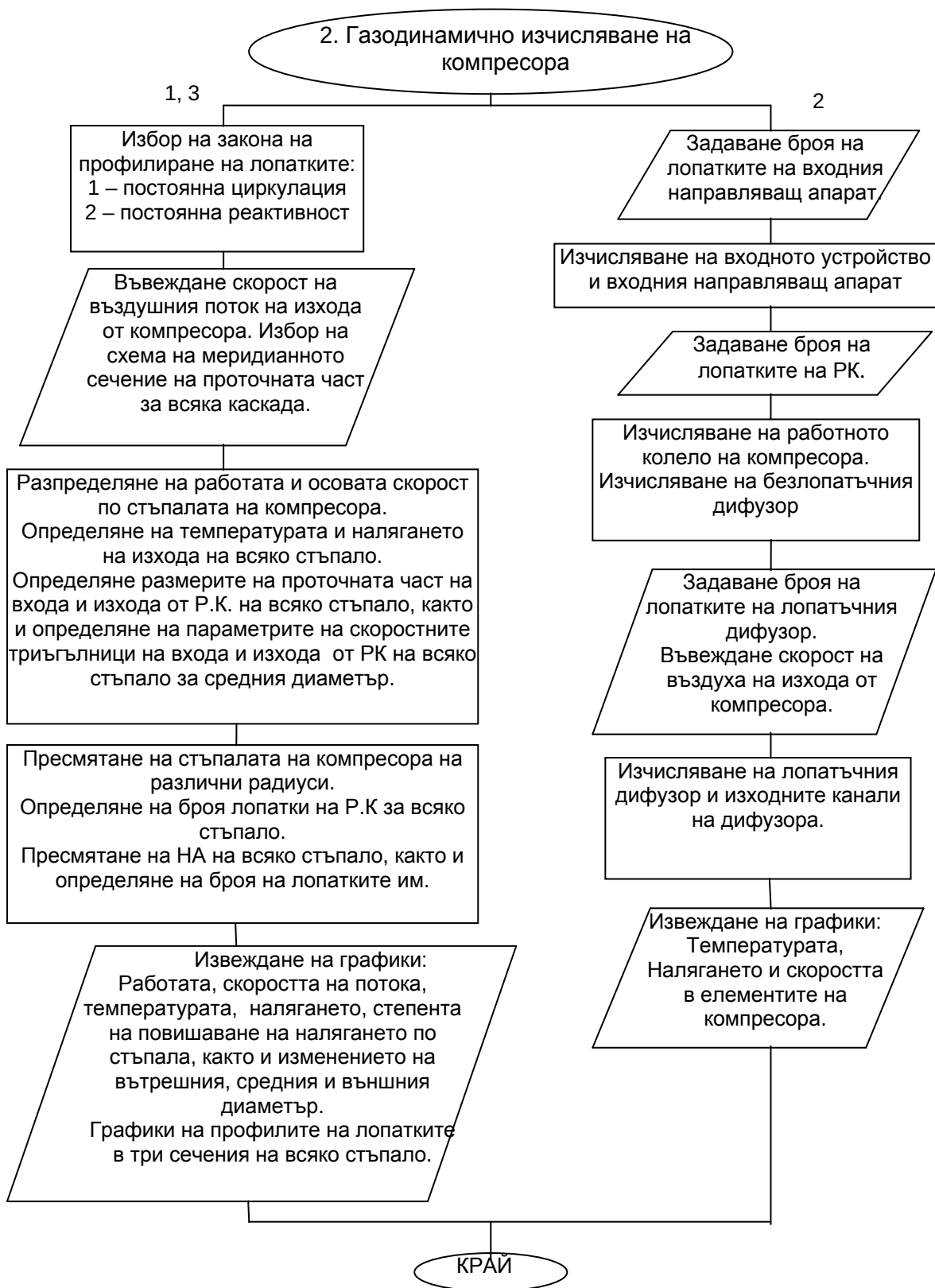
Фиг. 1.

С първия модул се извършват изчисления, необходими за съгласуване на параметрите на компресора и турбината, като са осигурени възможности за избор на типа на компресора и броя на роторите му. Блок-схемата му е представена на фиг. 2.



Фиг. 2.

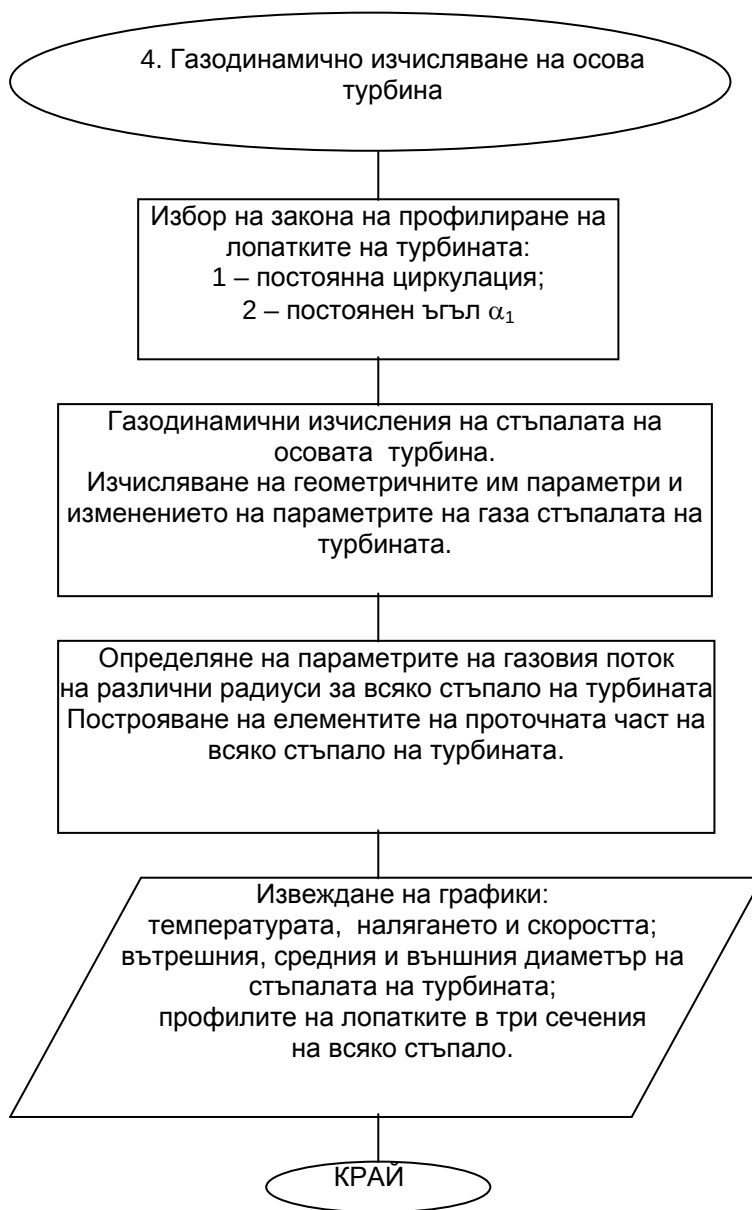
Вторият модул съдържа подпрограми за изчисляване на осови и центробежни компресори, чиято блок-схема е представена на фиг. 3.



Фиг. 3.

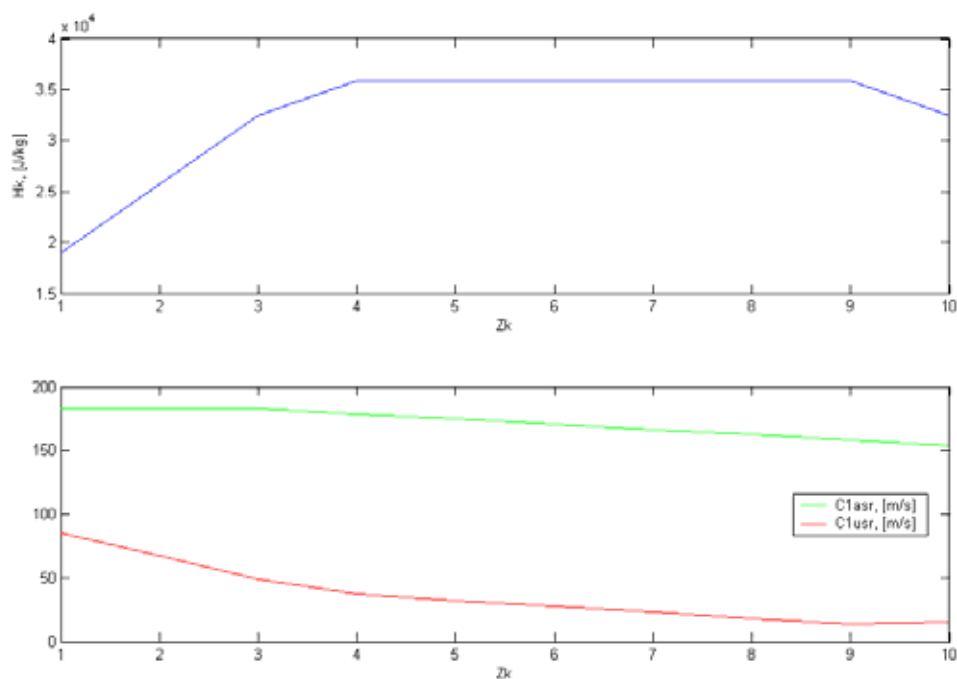
С третия модул се определят основните геометрични размери на горивната камера и параметрите на газа на изхода от нея.

Четвъртият модул съдържа подпрограми за изчисляване на стъпалата на осови турбини с възможност за избор на закона за профилиране на лопатките и определяне на: геометричните им размери; параметрите на газовия поток на различни радиуси за всяко от стъпалата и профилите на лопатките в коренните, средните и периферните им сечения. Блок-схемата му е представена на фиг. 4.



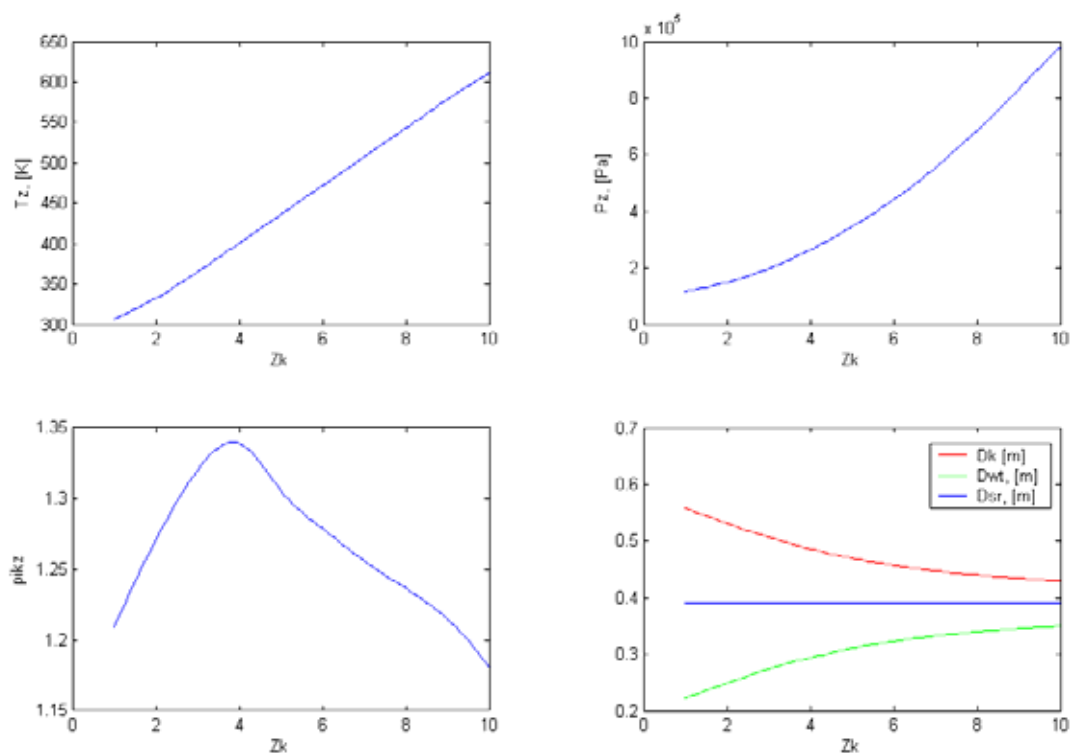
Фиг. 4.

За илюстрация на работоспособността на създадената интерактивна програмна система, на фиг. 5 са представени получените графики на генерираното разпределение на работата за съгъстяване на въздуха по стъпала на компресора и компонентите на абсолютната скорост на въздуха в аксиално и окръжно направление.



Фиг. 5.

На фиг. 6 са представени графично получените стойности на температурата, налягането, степента на повишаване на налягането и външния, средния и вътрешния диаметри на стъпалата на изчислявания компресор.



Фиг. 6.

Интерактивната програмна система осигурява графично представяне, не само на показаните параметри на фиг. 5 и 6, но и на температурата, налягането и скоростта на газа в турбинните стъпала, и профилите на лопатките на външния, средния и вътрешния диаметри на стъпалата на компресора и турбината.

В сравнение с базовата интерактивна система [2], настоящата осигурява повече възможности за изследване влиянието на избрани параметри върху основните показатели на турбореактивните двигатели на етапа на тяхното проектиране. Създадената интерактивна програмна система за газодинамично изчисляване на турбореактивни двигатели е предназначена, както за обучение на студенти, изучаващи такива двигатели, така и за специалисти, работещи в тази област.

Литература

1. К о с т о в В. и З. П. Д о й ч и н о в. Ръководство за курсово проектиране на газотурбинни двигатели, София, Техника, 1977 г.
2. Н и к о л о в В. Н. и Д. Р. М а л и н о в. Интерактивна компютърна система за газодинамични изчисления на турбореактивни двигатели, Научна сесия "Хемус-2000", Пловдив, 31.05-02.06.2000 г., Сборник научни трудове, стр.112-117.
3. Теория воздушно-реактивных двигателей Под ред. С. М. Шляхтенко., Москва, Машиностроение, 1987.
4. Х о л щ е в н и к о в К. В. Согласование параметров компрессоров и турбин воздушно-реактивных двигателей, Москва, Машиностроение, 1977.
5. Х о л щ е в н и к о в К. В., О. Н. Е м и н и В. Т. М и т р о х и н. Теория и расчет авиационных лопаточных машин, Москва, Машиностроение, 1986.
6. MATLAB, Math Works inc., 1997.

АНАЛИЗ НА НИВОТО НА БЕЗОПАСНОСТ НА ПОЛЕТИТЕ НА САМОЛЕТИ-ИЗТРЕБИТЕЛИ ОТ ВТОРО И ТРЕТО ПОКОЛЕНИЕ НА ВОЕННОВЪЗДУШНИТЕ СИЛИ НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Николай Загорски¹, Добрин Сейзински², Светлозар Асенов², Станимир Пенчев²

¹Министерство на отбраната, София

²Технически университет – София, филиал Пловдив,

ANALYSIS OF FLIGHT SAFETY LEVEL FOR SECOND AND THIRD GENERATION FIGHTER AIRCRAFTS OF BULGARIAN AIRFORCE

Nikolay Zagorski¹, Dobrin Seyzinski², Svetlozar Asenov², Stanimir Penchev²

¹Ministry of Defence, Sofia

²Technical University - Sofia, Plovdiv Branch

Keywords: flight safety, incidents, level of flight safety, aircraft operation

Abstract: A comparative analysis of flight safety level for fighter-planes MiG–21 and MiG–23 is presented and the results are used as basic criterion for decision making of aircrafts' fate and future operation. The analysis is made using the statistical data for both aircrafts during the period from 1972 to 2005. Due to certain circumstances, the results based only on incident data are presented.

Въведение

В условията на икономическа криза на дадена държава поддържането и усъвършенстването на нейните Военновъздушни сили е ограничено от финансовите и възможности. Поради това се търсят политически прийоми за решаване на нейните проблеми, представляващи неразривна част от стратегията и за национална сигурност, чиято правилност или неправилност може да бъде доказана единствена от историята. В условията на Република България след промените от 1989 г, всичко това доведе до многократно съкращаване на бойните авиационни единици, с тенденция за осигуряване на условия за тяхното по-ефективно използване и приложение.

Съкращаването на изстребителната авиация, освен политическия си характер, има и чисто технически аспект, изразяващ се в изискването за постигане на максимална бойна ефективност в рамките на минимални икономически ресурси, осигуряващи постигането на поставените стратегически цели. От тази гледна точка, осигуряването на безопасността на полетите е изключително важно, тъй като тя е неразривно свързана с усъвършенстването на методите за бойно използване, с повишаване на боеготовността и боеспособността на авиационната техника. Поради това се налага условието, че нивото на безопасност на полетите на типовете самолети-изстребители, реализирано през време на масовата им експлоатация, трябва да бъде един от основните критерии, отчитани при определяне на типовете въздухоплавателни средства (ВС) за съкращаване.

Настоящият доклад прави опит да разгледа част от този проблем, отнесен към самолетите-изстребители от второ и трето поколение – Миг-21 и Миг-23, експлоатирани в българските ВВС. В края на миналия и в началото на този век възникна дилемата да бъде прекратена експлоатацията на един от двата типа самолети. Това доведе до необходимостта да се извърши сравнителен анализ на техните нива на безопасност на полетите.

Цел

Целта на настоящия доклад е сравнителен анализ на нивото на безопасност на полетите на самолетите-изстребители Миг-21 и Миг-23, резултатите от който са едни от основните критерии за вземане на решение за тяхната съдба и по-нататъшна експлоатация.

Методика и изходни данни на изследването

Както е известно, за количествена оценка на нивото на безопасността на полетите се използват показатели, основаващи се на съществуващата информация за състоянието на авиационната техническа система, в която е включен разглеждания тип въздухоплателно средство.

За постигане на поставената цел е удобно използването на общи относителни статистически показатели, които отчитат интегрално влиянието на всички фактори върху безопасността на полетите. Те се изчисляват по реални данни от масовата експлоатация на ВС. При тези изчисления не се правят никакви предположения и допускания, както това е прието при теоретичните пресмятания, което обуславя и основното им достоинство – тяхната обективност.

Във военната авиация по същество се използват същите статистически относителни показатели, които се използват и в гражданската авиация. Това са показателите от типа

$$(1) \quad k_i = n_i M/T,$$

или техните реципрочни показатели

$$(2) \quad T_i = M/k_i = T/n_i,$$

където

- n_i – абсолютен брой на загубите (брой на регистрираните авиационни събития – катастрофи, аварии, инциденти и т.н.) на парка ВС за разглеждания период от време;
- T – сумарен нальот на парка от ВС за разглеждания период от време;
- T_i – среден нальот на едно авиационно събитие (катастрофа, авария, инцидент и т.н.) на парка от ВС за разглеждания период от време;
- M – мащабен коефициент, $M = 10^5$ ч.

Трябва да се отбележи, обаче, че стойностите на тези показатели във военната авиация са многократно по-малки от съответните стойности за гражданските ВС. Това се дължи на спецификата на използване, на по-широкия диапазон от скорости и височини на полетите, на използването на сложни маневри, на факта, че много от военните ВС имат еднотипен екипаж, еднотипна силова установка и редица други обстоятелства.

Отчитайки необходимостта от съпоставимост с използваните в миналото показатели за количествена оценка на безопасността на полетите, като и обосновките, дадени в [1,3], за извършването на сравнителния анализ са подбрани следните относителни общи статистически показатели от типа (2): среден нальот на ВС на едно АП - $T_{АП} = T / n_{АП}$; среден нальот на ВС на една катастрофа - $T_k = T / n_k$; среден нальот на ВС на един инцидент - $T_u = T / n_u$, където $n_{АП}$, n_k , n_u – брой, съответно, на АП, на катастрофите и на инцидентите за сумарното време на нальота.

За постигане на поставената цел е използвана базата статистически данни за авиационните събития за двата типа ВС. При това са използвани само данните за модификациите на самолетите МиГ-21 и МиГ-23, влизащи в състава на изстребителната авиация и изпълняващи еднотипни полетни задачи, съответстващи на профила на този род авиация. Данните обхващат периода от 1972 г. до 2005 г., включително.

В изследването са обхванати 55 обекта от всички модификации на самолет МиГ-21, за които са регистрирани следните данни: общ нальот - 60 940 ч; период на експлоатация - 30 г; количество на инцидентите - 755 бр.

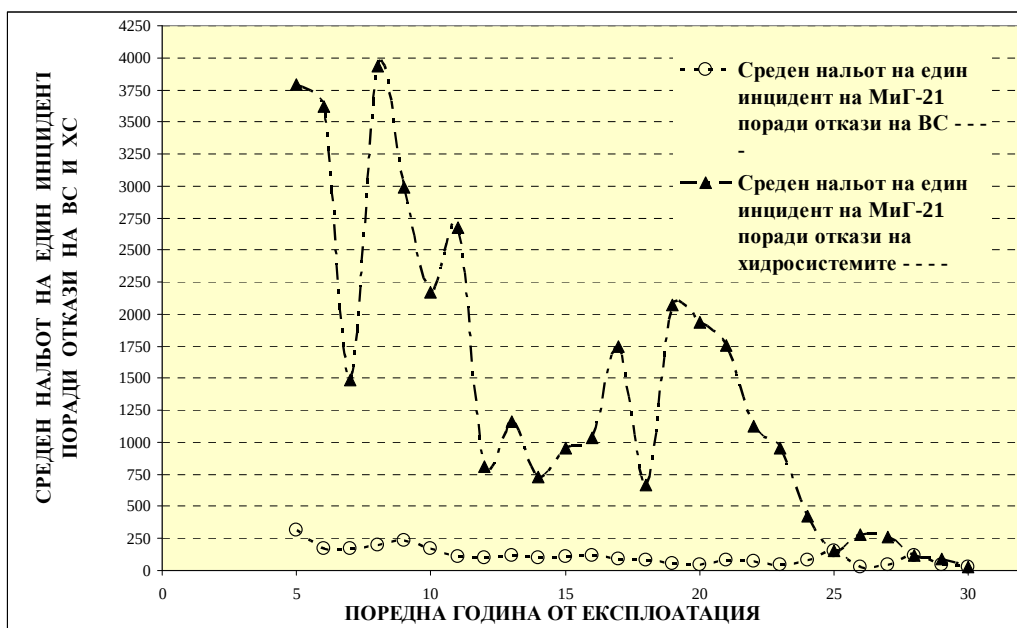
За модификациите на самолет МиГ-23 броят на изследваните обекти е 30, а данните за тях са следните: общ нальот – 31 810 ч; период на експлоатация - 24 г; количество на инцидентите - 433 бр.

Резултати и обсъждане

Поради поверителния характер в миналото на данните за авиационните произшествия тук се представят само резултатите, основани на данните за инцидентите.

На фиг.1 са приведени зависимостите на средните нальоти на един инцидент на самолета като цяло и на хидросистемата от годините на експлоатация за МиГ-21.

Характерът на изменение на средния нальот на един инцидент поради откази в системите на ВС като цяло и на един отказ в хидросистемата (ХС) в процеса на експлоатация на самолета МиГ-21, позволява да се обособят следните характерни етапа: I етап - до 4-та година на експлоатация; II етап - от 5-та до 11-та година на експлоатация; III етап - от 12-та до 23-та година на експлоатация; IV етап - след 24-та година на експлоатация.



Фиг. 1. Средни нальоти на един инцидент на самолет МиГ-21 поради отказ на ВС като цяло и на хидросистемата в зависимост от годините на експлоатация

Прави впечатление, че до 4-та година от експлоатация няма регистрирани авиационни събития, класифицирани като инциденти. Това може да се обясни с някакво административно решение, тъй като през този период 37 въздухоплавателни средства са налетели около 13 000 часа. През втория етап средният нальот на един инцидент поради отказ на ХС има стойности от 2 200 до 3 800 часа. Изключение прави средният нальот през 7-та година от експлоатация, когато стойността намалява до 1500 часа. Необходимо е да се отчете, че през тази седма година от експлоатация самолетът постъпва в авиоремонтно предприятие (АРП) за изпълнение на капитално-възстановителен ремонт (КВР). Средният нальот на един инцидент поради отказ на ХС през третия етап има стойности от 670 до 2150 часа, а през последния – от 30 до 425 часа.

На фиг.2 са показани зависимостите на средните нальоти на един инцидент на самолета като цяло и на хидросистемата от годините на експлоатация за МиГ-23.



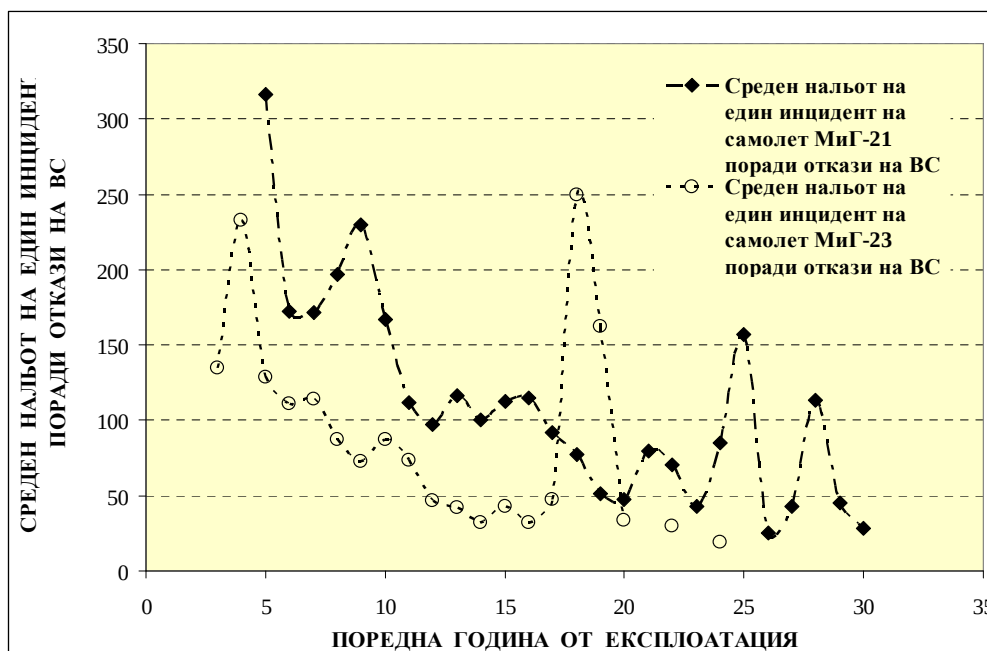
Фиг. 2. Средни нальоти на един инцидент на самолет МиГ-23 поради отказ на ВС като цяло и на хидросистемата в зависимост от годините на експлоатация

Характерът на изменение на средния нальот на един инцидент поради откази на системите на ВС като цяло и на един отказ на хидросистемата в процеса на експлоатация на самолета МиГ-23 дава възможност да се оформят следните три характерни етапа: I етап – 1-та и 2-та години на експлоатация; II етап - от 3-та до 17-та година на експлоатация; III етап - след 18-та година на експлоатация.

Вижда се, че през 1-та и 2-та години на експлоатация не са регистрирани авиационни събития, които да се класифицират като инциденти. Това също може да се обясни с някакви административни решения, тъй като в този период 29 самолета МиГ-23 са налетели повече 6300 часа. Средният нальот поради откази в ХС през третия период е 989 часа, след което нараства до 2792 часа. Впоследствие той намалява от 2707 часа (5-та година) до 662 часа (17-та година). Обект на изследване през този период са от 2 до 30 самолета, налетели общо над 28 000 часа.

След 18-та година на експлоатация стойността на средния нальот на един инцидент поради откази в ХС става съизмерим с този показател на самолета като цяло. Освен това, през 21-та и 23-та години на експлоатация не са регистрирани авиационни събития, класифицирани като инциденти поради откази на ВС като цяло. Данните за този период не са представителни за анализа, тъй като поради различни причини (количество изправни самолети, наличие на изправни двигатели с остатъчен ресурс, ГСМ и др.) са били изследвани само от 1 до 8 самолета с общ нальот от 750 часа.

На фиг. 3 са приведени зависимостите на средния нальот на един инцидент за самолетите МиГ-21 и МиГ-23 поради откази на системите на ВС като цяло от срока на експлоатация.

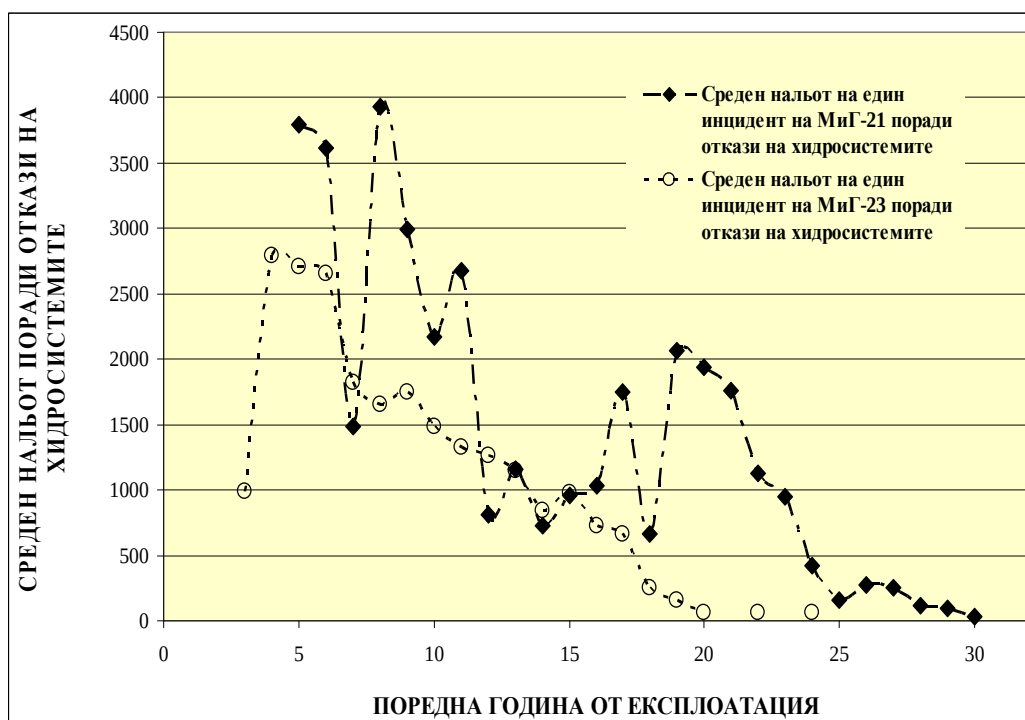


Фиг. 3. Средни нальоти на един инцидент за самолети МиГ-21 и МиГ-23 поради откази на ВС като цяло за срока на тяхната експлоатация

Анализът на кривите, отразяващи изменението на средния нальот на един инцидент поради откази в системите на ВС като цяло, показва, че през годините на експлоатация стойността на показателя за самолета МиГ-21 е по-голям от 1,5 до 3,2 пъти в сравнение със стойността на този показател за самолета МиГ-23. Тя е най-малка (1,5 пъти) през 11-та година на експлоатация, когато са изследвани 38 самолета МиГ-21 с общ нальот от 2667 часа и 26 самолета МиГ-23 с общ нальот 1323 часа. Най-голяма разлика (3,2 пъти) се отчита през 9-та година на експлоатация, когато са изследвани 38 самолета МиГ-21 с нальот 2990 часа и 28 самолета МиГ-23, имащи нальот 1323 часа. През време на 5-та година на експлоатация, когато са изследвани 37 самолета МиГ-21 с 3791 часа нальот и 29 самолета МиГ-23 с 2707 часа нальот, разликата достига 2,5 пъти.

На фиг. 4 са приведени зависимостите на средния нальот на един инцидент за самолетите МиГ-21 и МиГ-23 поради откази на елементите на ХС, от срока на експлоатация.

Анализът на кривите показва, че през време на експлоатацията стойността на показателя за самолета МиГ-21 е с 1,4 до 2,4 пъти по-голям от стойността на този показател за самолета МиГ-23. Стойността на този показател за самолета МиГ-23 нараства от 13 часа (3-та година на експлоатация) до 233 часа (4-та година на експлоатация), след което намалява до 20 часа (24-та година на експлоатация).



Фиг. 4. Средни налъти на един инцидент за самолети МиГ-21 и МиГ-23 поради откази на елементи от хидросистемите на ВС за срока на тяхната експлоатация

Характерът на изменение на стойността на показателя за самолета МиГ-21 е много по-неравномерен, отколкото за самолета МиГ-23. В същото време той запазва по-високи стойности, с изключение на 7-та година на експлоатация, когато показателят има стойности за МиГ-23 (28 самолета и 1823 часа налъот) 1,3 пъти по-високи, отколкото за МиГ-23 (37 самолета и 4452 часа налъот). През 12-та година на експлоатация този показател има стойност за МиГ-23 (30 самолета и 1268 часа налъот) 1,6 пъти по-голяма отколкото за МиГ-21 (40 самолета и 2438 часа налъот).

Заклучение

Сравнителният анализ на нивото на безопасност на полетите на експлоатация на самолетите МиГ-21 и МиГ-23 на Военновъздушните сили на Република България в резултат на изследване на количеството авиационни събития регистрирани като инциденти, са свързани с откази на хидравлични системи на ВС, дава основание да се твърди, че в процеса на експлоатация самолетът МиГ-21 се е показал като по-надежден. Това обстоятелство може да се разглежда като технологически довод за планиране и провеждане на мероприятия за продължаване на общия технически и междуремонтен ресурс на този тип самолет.

Изводи

1. Средният налъот на един инцидент поради откази в системите на ВС като цяло за самолета МиГ-21 е по-голяма от 1,5 до 3,2 пъти от стойността на този показател за самолета МиГ-23.
2. Средният налъот на един инцидент поради откази на елементи от хидросистеми на ВС за самолета МиГ-21 е от 1,5 до 3,2 пъти по-голям отколкото стойността на този показател за самолета МиГ-23.
3. Самолетът МиГ-23 запазва относително високо ниво на надеждност през време на експлоатацията си във военновъздушните сили на Република България.

Литература:

1. С а к а ч Р. В., Б. В. З у б к о в, М. Ф. Д а в и д е н к о и др. Безопасность полетов: Учебник для вузов : Под ред. Р. В. Сакача. – М.: Транспорт, 1989 - 239 с.
2. Ж у л е в В. И., В. С. И в а н о в. Безопасность полетов летательных аппаратов. М.: Транспорт, 1986 - 224 с.
3. Безопасность полетов летательных аппаратов (Под ред. Г.Ф. Сивкова) ВВИА "Н. Е. Жуковского", 1980 - 265 с.
4. Б о д н е р В. А. Оператор и летательный аппарат. М., Машиностроение, 1976 - 223 с.
5. К а л ч е в Г. С. Самолет, летчик и безопасность полетов, М., Машиностроение, 1979 - 225 с.

МЕТОД ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА СРЯЗАН УПЛЪТНИТЕЛЕН ПРЪСТЕН ЗА МИНОХВЪРГАЧНИ СИСТЕМИ С ГЛАДКО ТЯЛО

Валентин Иванов

Институт за перспективни изследвания за отбраната – ВА „Г. С. Раковски“
e-mail: vivanof@abv.bg

Ключови думи: проектиране, уплътнителен пръстен, мина.

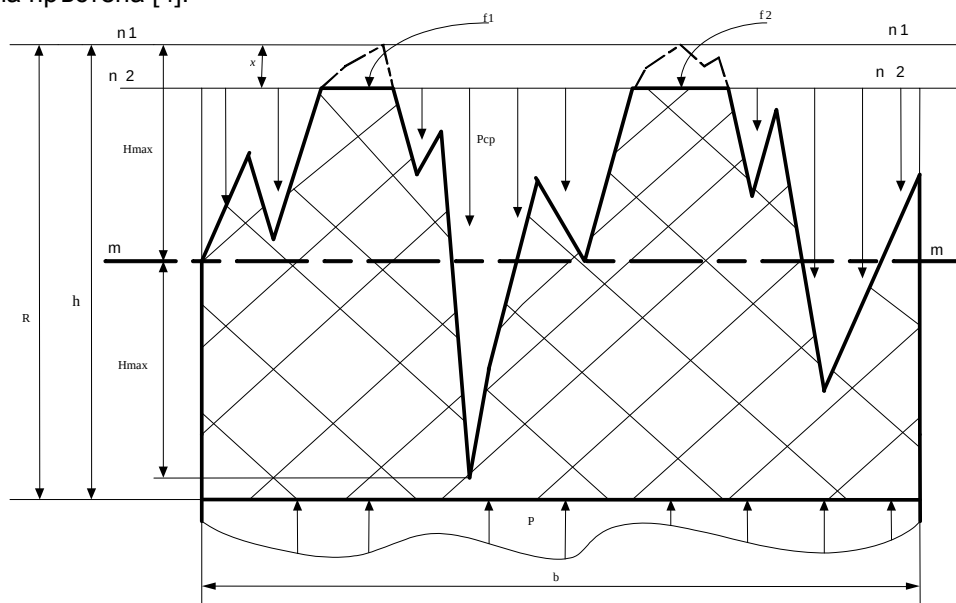
Резюме: Представен е метод за проектиране на срязан уплътнителен пръстен с правоъгълно напречно сечение. Определени са ограничителни условия спрямо радиалната му геометрия и е извършен избор на материал. Изведени са зависимости, характеризиращи наличието на припокриване между краищата на пръстена в срязания участък.

Основание за предлагания метод е обстоятелството, че от достъпната литература не се познати способи за проектиране на уплътнителни пръстени към мини за гладкостенни минохвъргачки. Неговата цел е разработване на уплътнителен елемент към корпуса на мината при ограничителни условия, гарантиращи процеса на зареждане и якостните характеристики за корпуса на боеприпаса.

Изискването, което се предявява към уплътнителния елемент, е неговата конструкция да осигурява добра технологичност при производството, компактност, лесен монтаж и ниска себестойност.

1. Определяне на съотношението между фактичeskата и номинална площ в уплътняваната повърхност.

На Фиг 1 е представена микротопографията в контактните повърхности “пръстен-тяло” и “пръстен-мина”, илюстрираща механизма на уплътняване в границите на класа на грапавост за материала на пръстена [4].



Фиг. 1. Схема на микротопографията при натоварен пръстен

Доказано е, че характерът на разпределението на грапавините се подчинява на нормалния закон на Гаус [4]. Знаейки нормалното отклонение (u), е възможно табличното определяне на

вероятностната грешка (t_v), след което за изчисляването на средната теоретична хлабина е в сила формулата:

$$\delta = \frac{t_v H_{\max}}{u}, m.$$

Тогава при определяне съотношението между фактическата и номинална площи в уплътняваната повърхност е валиден изразът [4]:

$$n = \frac{A_F}{A_N} = \frac{\int_{\delta_j}^{H_{\max}} f(x) dx}{\int_{-H_{\max}}^{+H_{\max}} f(x) dx} = \frac{H^2 - \delta_t^2}{2H},$$

където: A_F, A_N - фактическа и номинална площи, m^2 ; H - височина на грапавините, m .

2. Височина на напречното сечение на пръстена.

Ограничителните условия при определяне височината на напречното сечение при пръстена са якостно и конструктивно.

2.1. Якостно ограничение.

Чрез якостното ограничение се постига запазване на минимално допустимия външен радиус за корпуса на мината по централизиращото удебеление, гарантиращ необходимата здравина, съобразно налягането в канала на тялото. Препоръчително е неговото определяне да се извършва чрез използването на „Трета якостна теория“, предвид обстоятелството, че тя дава най-близки резултати до експериментално установените стойности по познатата формула [1]:

$$r_0 \geq \sqrt{\frac{0,5\sigma_{02}r_n^2}{0,5\sigma_{02} - p_{pac}}}, m,$$

където: r_n – вътрешен радиус на корпуса на мината, m ; σ_{02} – условна граница за провлачване на материала за корпуса на мината, Pa ; p_{pac} - разчетно налягане в тялото на минахвъргачката, Pa .

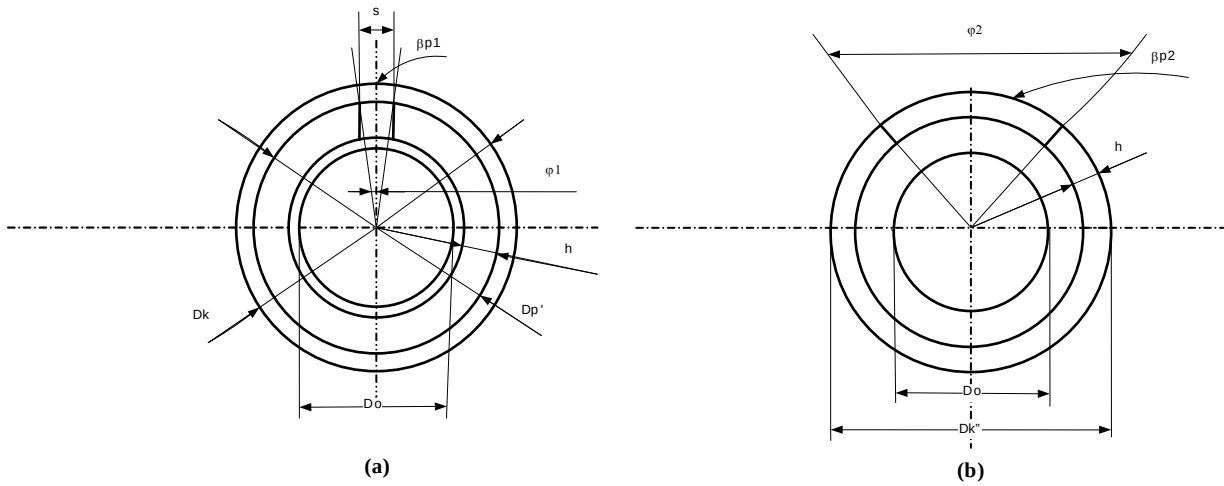
2.2. Конструктивно ограничение.

Конструктивното ограничение се налага от изискването за запазване радиалната хлабина между тялото и мината при зареждане и има вида: $D_p' \leq D_m$, където: D_p' – външен диаметър на пръстена в свободно състояние, m ; D_m – диаметър на мината по централизиращото удебеление, m . Предвид това, за максимално допустимата височина на напречното сечение при пръстена е в сила неравенството:

$$h \leq \frac{D_m - 2r_0}{2}, m.$$

3. Радиална геометрия на пръстена.

Радиалната геометрия на пръстена се определя съобразно посочените ограничителни условия и е показана в най-общ вид на Фиг. 2.



Фиг. 2. Радиалната геометрия на уплътнителен пръстен в свободно (a) и деформирано състояние (b)

За пресмятане на геометрията се предлага следния алгоритъм, в който диаметралните размери са съобразени със съответните конструктивни допуски:

$$(1) H_{\max} = \frac{R_{z_{\max}}}{2}, m;$$

$$(2) \delta_t = \delta_m = \delta_s = \frac{t_v H_{\max}}{u}, m;$$

$$(3) D_{k_{\max}} = D_k + 0, m;$$

$$(4) D_{k_{\min}} = D_k - 0,06, m;$$

$$(5) D_{m_{\max}} = D_m - 0,6, m;$$

$$(6) D_{m_{\min}} = D_m - 0,725, m;$$

$$(7) D_{p'} = D_{m_{\min}}, m;$$

$$(8) D_p'' = D_{p'} - 2h, m;$$

$$(9) H = \frac{D_{m_{\min}} - D_p''}{2} + 0,0005, m;$$

$$(10) r_p = \frac{D_{p'}}{2}, m;$$

$$(11) D_0 = D_{p'} - 2H, m;$$

$$(12) \varphi_1 = 2 \arcsin \frac{\frac{s_0}{2}}{r_p}, \text{ degree}$$

$$(13) \delta_{p_1} = \frac{\varphi_1^0 \pi r_p}{180}, m;$$

$$(14) l_t = \pi D_{p'} - \delta_{p_1}, m;$$

$$(15) l_m = \pi D_p'' - \delta_{p_1}, m;$$

$$(16) l_k = \pi D_{k_{\max}}, m;$$

$$(17) \delta_{p_2} = l_k - l_m, m;$$

$$(18) \delta_p = \delta_{p_2} - \delta_{p_1}, m;$$

$$(19) D_k'' = D_{k_{\max}}, m;$$

$$(20) r_k'' = \frac{D_k''}{2}, m;$$

$$(21) \varphi_2 = \frac{\delta_{p_2} 180^0}{\pi r_k''}, \text{ degree};$$

$$(22) D_k' = D_{k_{\max}} - 2h, m;$$

$$(23) r_k' = \frac{D_k'}{2}, m;$$

$$(24) r_m = \frac{D_{m_{\min}}}{2}, m;$$

$$(25) r_{cp} = \frac{r_k' + r_k''}{2}, m;$$

$$(26) D_{cp} = 2r_{cp}, m;$$

$$(27) l_{cp} = \pi D_{cp}, m;$$

$$(28) D_0 = D_{p'} - 2H, m.$$

където: $H_{\max}$ - максимална височина на грапавините, m ; $\delta_t, \delta_m, \delta_s$ - хлабини на уплътнението с тялото, мината и в среза, m ; $D_{k_{\max}}$ - максимален вътрешен диаметър на тялото, m ; $D_{k_{\min}}$ - минимален вътрешен диаметър на тялото, m ; $D_{m_{\max}}$ - максимален диаметър на мината по водещия пояс, m ; $D_{m_{\min}}$ - минимален диаметър на мината по водещия пояс, m ; $\delta_{\max}$ - максимална радиална хлабина между тялото и водещия пояс на мината при концентричен просвет, m ; $\delta_{\min}$ - минимална радиална хлабина между тялото и водещия пояс на мината при концентричен просвет, m ; $\Delta_{\max}$ - максимална хлабина между тялото и водещия пояс на мината при ексцентрицитет, m ; $\Delta_{\min}$ - минимална хлабина между тялото и водещия пояс на мината при ексцентрицитет, m ; D_p' - външен диаметър на пръстена в свободно състояние, m ; D_p'' - вътрешен диаметър на пръстена в свободно състояние, m ; H - височина на канала за пръстена, m ; r_p - външен радиус на пръстена в свободно състояние, m ; D_0 - вътрешен диаметър на канавката, m ; φ_1 - централен ъгъл между краищата на пръстена в свободно състояние, $degree$; δ_{p_1} - дължина на дъгата от срязания участък по външния диаметър на пръстена в свободно състояние, m ; l_t - дължина на пръстена по външния диаметър, m ; l_m - дължина на пръстена по вътрешния диаметър, m ; l_k - дължина на канала на тялото по максималния вътрешен диаметър, m ; δ_{p_2} - дължина на дъгата между краищата на пръстена по максималния вътрешен диаметър на тялото, m ; δ_p - преместване на краищата до контакт с тялото, m ; D_k'' - външен диаметър на деформирания пръстен, m ; r_k'' - радиус на деформирания пръстен по външния диаметър, m ; φ_2 - централен ъгъл между краищата на пръстена в деформирано състояние, $degree$; D_k' - вътрешен диаметър на деформирания пръстен, m ; r_k' - радиус на деформирания пръстен по вътрешния диаметър, m ; r_m - минимален радиус на мината по водещия пояс, m ; r_{cp} - среден радиус на деформирания пръстен, m ; D_{cp} - среден диаметър на деформирания пръстен, m ; l_{cp} - дължина на деформирания пръстен по средния диаметър, m ; D_0 - вътрешен диаметър на канавката, m .

4. Избор на материал за пръстена.

Определяща физико-механична характеристика за материала на уплътнителния елемент е якостта на натиск. Налягането в уплътняваната повърхност може да се определи по формулата [4]:

$$p_{cp} = \frac{2(p^3 - p_a^3)}{p^2 - p_a^2}, MPa,$$

където: p, p_a - налягане преди и след уплътнението, MPa .

От друга страна е известно че: $\sigma_{-B} = p' = \frac{W}{A_F}$ [5, 9].

След изразяване на резултатното натоварване чрез съотношението "n" в познатата зависимост $W = pA_N - p_{cp}(A_N - A_F)$ и заместване в израза за σ_{-B} за необходимото напрежение на

натиск за материала на пръстена се получава: $\sigma_{-B} = \frac{p - p_{cp} + np_{cp}}{n}, MPa$. За определяне

границата на провлачване може да се използва равенството $\sigma_s = \frac{\sigma_{-B}}{c}, MPa$ [5], където: $c = c_1 c_2 c_3$ -

коэффициент на сигурност за материала, отчитащ: неточностите при натоварването на пръстена (c_1), нееднородност на материала (c_2), важност на детайла в конструкцията (c_3).

5. Определяне широчината на напречното сечение на пръстена и площите по неговата конфигурация.

Оформянето на срязания участък при пръстена е въпрос на технологично и конструктивно решение. Неговата конфигурация определя сложността при изработване и степента на уплътняване в мястото на среза. Познати са няколко основни профила: „прав“, „скосен“ и „стъпаловиден“ [7]. За най-ефективно може да се приеме скосеното оформяне, позволяващо достатъчно добро припокриване на краищата, необходимата деформация на пръстена до контакт с тялото и степен на уплътняване. Такъв избор определя клинов вид на среза, който е елемент при силовия анализ на натоварването върху пръстена.

При пресметната радиална геометрия и височина на напречното сечение на пръстена, площта му към зарядната камера се изчислява чрез равенството: $F_5 = hl_t, m^2$. След избран материал, профил на срязания участък и определено натоварване върху пръстена (в резултат от решената задача за вътрешната балистика на изстрела), широчината на напречното му сечение може да се пресметне по формулата:

$$b = \frac{pF_5 \operatorname{tg} \alpha}{l_t(p - p_{cp} + np_{cp}) - p_{cp}h - pl_m + p_{cp}l_t}, m,$$

където: p – налягане преди уплътнението, MPa ; p_{cp} – налягане в уплътняваната повърхност, MPa ; h – височина на напречното сечение на пръстена, m ; l_t – дължина на пръстена по външния диаметър, m ; l_m – дължина на пръстена по вътрешния диаметър, m .

Дължината на срязания участък при скосен профил има вида:

$$l_s = \frac{b}{\sin \alpha}.$$

За определяне на площите от конфигурацията на пръстена се предлагат следните равенства:

$$F_1 = bl_t, m^2;$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} (D_{\min}^2 - D_k'^2), m^2;$$

$$F_3 = bl_m, m^2;$$

$$F_4 = \frac{hb}{\sin \alpha}, m^2;$$

$$F_6 = hl_t, m^2,$$

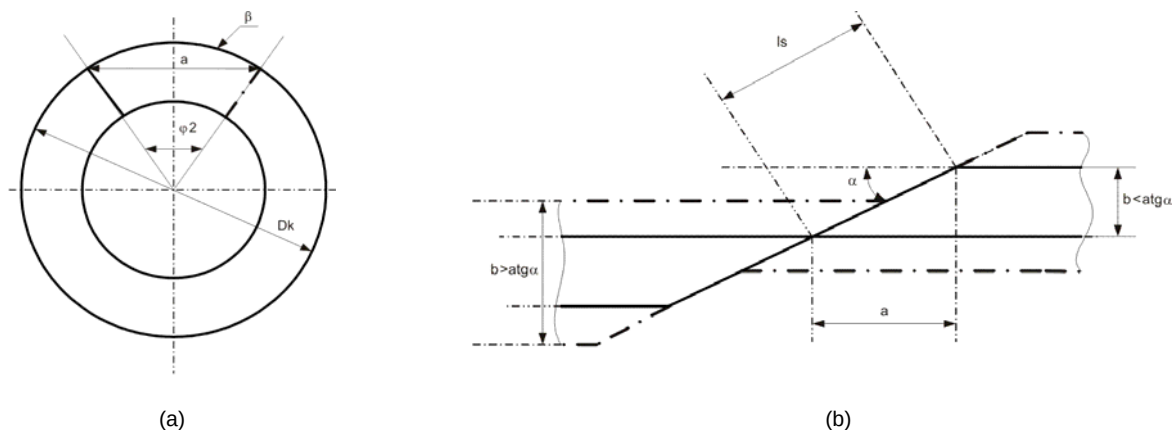
където: F_1 – площ по външния диаметър (контакт с тялото), m^2 ; F_2 – минимална площ с челото на канавката, m^2 ; F_3 – площ по вътрешния диаметър (дъното на канавката), m^2 ; F_4 – площ на срязания участък, m^2 ; F_5 – площ към зарядната камера, m^2 ; F_6 – площ към дулния срез, m^2 .

6. Зависимост между широчината на напречното сечение, ъгъла на среза и преместването на краищата на пръстена до контакт с тялото.

Знаейки радиалната дължина на канала на тялото и геометрията на пръстена, може да се определи взаимното преместване на краищата на пръстена до контакт с тялото чрез следните

равенства: $C_k = \pi D_k, m$; $C_p = \pi D_p', m$; $\delta_{p_2} = C_k - C_p, m$; $\varphi_2 = \frac{\delta_{p_2} 360^\circ}{2\pi \left(\frac{D_k}{2}\right)}, \text{deg re};$

$a = D_k \sin \frac{\varphi_2}{2}, m$, където: C_k - радиална дължина на канала на тялото, m ; C_p - дължина на пръстена по външния диаметър в свободно състояние, m ; δ_{p_2} - дължина на дъгата по секторната част на тялото, m ; φ_2 - централен ъгъл спрямо " δ_{p_2} ", *degree*; a - взаимно преместване на краищата на пръстена, m .



Фиг. 3. Схема за припокриване краищата на пръстена – радиален профил (а) и срязан участък (b)

Изхождайки от тригонометричната зависимост между широчина на напречното сечение и ъгъла на среза могат да се определят условията за наличие или липса на припокриване (Фиг. 3), както следва:

- $b \leq atg\alpha$ - няма припокриване;
- $b \geq atg\alpha$ - наличие на припокриване.

Извод

Предлаганият метод дава възможност за проектиране на уплътнителни пръстени за гладкостенни минохвъргачки, независимо от калибъра на стрелковата система.

Литература

1. К о р о л е в В. В. Теория проектирования артиллерийских снарядов и мин, ВТС 1970г.
2. К и с ъ в И. Д. Наръчник на инженера, Техника, 1960г.
3. К о р н Г., К о р н Т. Справочник по математике, Наука, 1977г.
4. Н о в и к о в И. И. Бессмазочные поршневые уплотнения в компрессорах
5. Х р и с т о в Д. Д. Пресмятане и конструиране на машинни елементи, Техника, 1980 г.
6. Б а е в И. В. Теория и расчет артиллерийских орудий, МО, 1980г.
7. С ъ б е в С. Г. Уплътнение, Техника, 1969

МАТЕМАТИЧЕН МОДЕЛ ЗА ИЗТИЧАНЕ НА БАРУТНИ ГАЗОВЕ ПРЕЗ СРЯЗАН УПЛЪТНИТЕЛЕН ПРЪСТЕН ЗА ГЛАДКОСТЕННИ МИНОХВЪРГАЧНИ СИСТЕМИ

Валентин Иванов, Валентин Радев

*Институт за перспективни изследвания за отбраната – ВА „Г. С. Раковски”
e-mail: vivanof@abv.bg; radevv2000@yahoo.com*

Ключови думи: разход на газове, модел, уплътнителен пръстен, мина.

Резюме: Разработен е математичен модел за изтичане на барутни газове през срязан уплътнителен пръстен, монтиран към корпуса на мина за гладкостенни минохвъргачни системи. Направените изводи показват, че предложеният модел е по-широко приложим, а резултатите са сравними с такива на други изследователи и използването му би улеснило проектирането на уплътнителния пръстен и определянето на конструктивните му характеристики в зависимост от параметрите на работната среда.

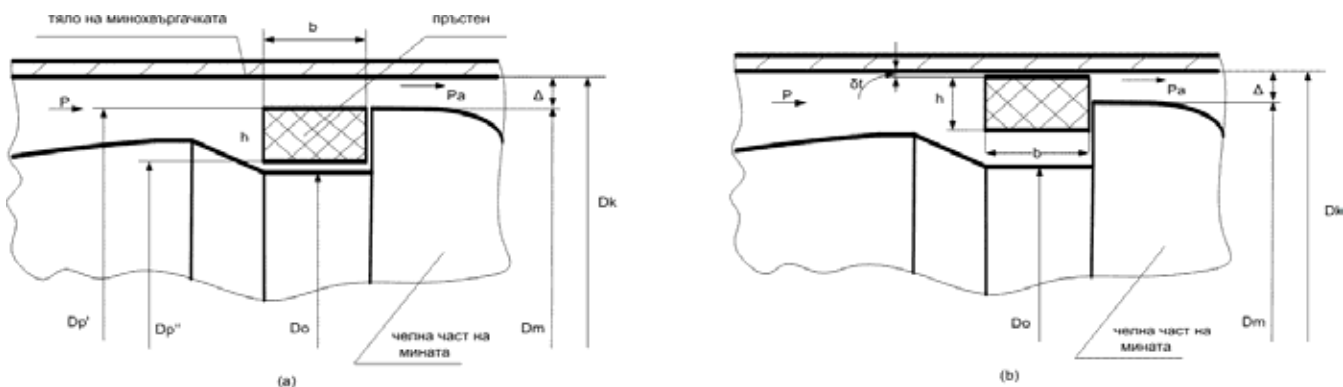
Известно е, че при класическото лабиринтно уплътнение се постига ограничаване на обемните загуби от барутни газове между тялото и мината посредством контролирана хлабина, гарантираща произвеждането на изстрел.

Използването на уплътнителен пръстен, монтиран върху мина за гладкостенни миномети, е принципно нов подход и се явява алтернатива на познатото лабиринтно решение. В достъпната литература пръстенът само е споменат като елемент към боеприпаса. Не са познати теоретични или експериментални изследвания, касаещи механизма на уплътняване, изтичането на газове и разхода им при неговата употреба в минохвъргачните системи.

Известните от общото машиностроене модели за изтичане на газове през срязани пръстени се отнасят най-вече към схемата “цилиндър-уплътнител-бутало”. Характерно тук е предварителната стегнатост при монтаж на пръстена и двустранното му ограничаване в канала. В специализираната литература въпросът за разхода на газове при мина с лабиринтно уплътнение е разгледан частично.

И в двата случая аналитичните изследвания са конкретизирани спрямо опитните резултати чрез експериментално установени коефициенти, но тяхното прилагане не би било коректно по отношение на мина с уплътнителен пръстен.

В разглежданото решение става въпрос за свободно монтиран едностранно ограничен уплътнителен елемент, работещ в условията на явлението “изстрел”. На Фиг. 1 (а) е показано положението на пръстена при зареждане на минохвъргачката. Външният му диаметър (в свободно състояние) е по-малък или равен на този в цилиндричната част на мината, с което се запазва радиалната хлабина “ Δ ”, гарантираща произвеждането на изстрел. След възпламеняване на метателния заряд пръстенът се притиска към челото на мината и се деформира до контакт с тялото, като осъществява уплътнителен ефект в съответните повърхности (Фиг. 1 (b)). Предлаганият модел е разработен при адиабатен процес за изстрела, като се базира на определена конфигурация на пръстена, избран материал за него и решена задача за вътрешната балистика спрямо съответната минохвъргачна система. Пренебрегва се топлообменът между газовата среда и уплътнителя.

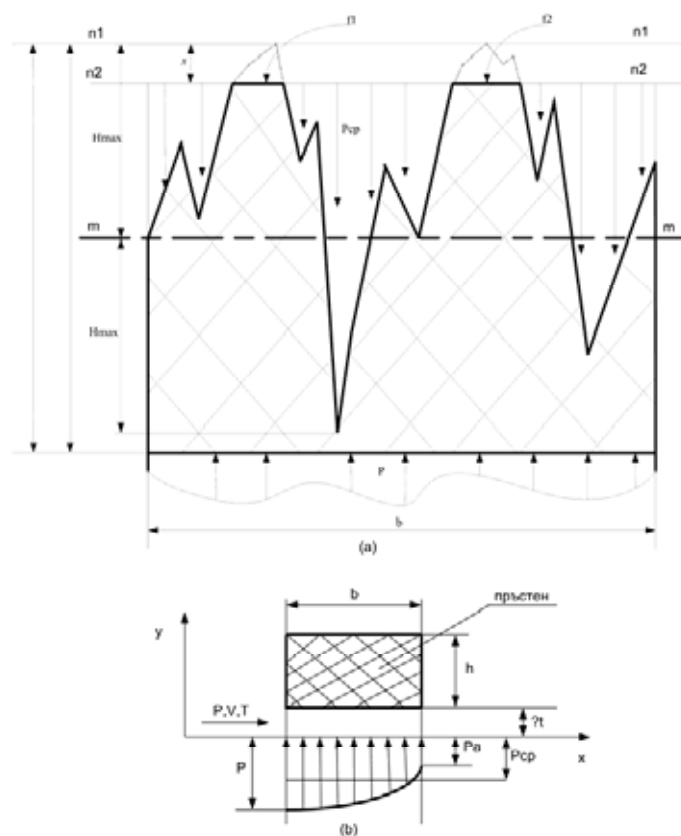


Фиг. 1. Положение на пръстена при зареждане (а) и при изстрел (б).

За определяне разхода на газове е необходимо изясняването на два основни момента: площта на просвета в контактните повърхности и натоварването върху уплътнителния елемент.

1. Площи в уплътняването повърхности

На Фиг. 1 е показана микрофотографията на уплътняваната повърхност, изхождайки от обстоятелството, че материалът за пръстена е с по-малка твърдост от тази на тялото. Началният момент на контакта е допирът на най-високите части от грапавините на пръстена с тялото. В последствие, като резултат от продължаващото натоварване притискането се осъществява в по-голям брой участъци с по-малка височина. Степента на сближаване (χ) се определя от деформациите на грапавините, зависещи от големината на натиска и механичните свойства на материала за уплътнителя. Същевременно се оформя фактичската площ (A_F), явяваща се сумарна на елементарните площи (f_n), получени от обемните деформации на съответните грапавини.



Фиг. 2. Микрофотография на уплътняваната повърхност.

За изчисляването на средната теоретична хлабина, предвид нормалния закон за разпределение на случайни величини, е в сила познатият израз [5]: $\delta = \frac{t_v H_{\max}}{u}, m$, където: t_v - вероятностна грешка; u - нормално отклонение; H - максимална височина на грапавините, m .

Изтичането на газове зависи от хлабината в уплътняваните повърхности „пръстен - тяло“, „пръстен - мина“, както и от тази в срязания участък (Фиг. 3). При изчислена хлабина и известна конфигурация на уплътнителният елемент за определяне площите на просветите, през които изтичат барутни газове, са в сила следните равенства:

$$s_s = \delta_s h, m^2;$$

$$s_t = \delta_t l_t, m^2;$$

$$s_m = \delta_m l_m, m^2,$$

където: s_s - площ при срязания участък, m^2 ; s_t - площ на хлабината „пръстен-тяло“, m^2 ; s_m - площ на хлабината „пръстен-мина“, m^2 ; $\delta_s, \delta_t, \delta_m$ - хлабини в съответните участъци, m .

За сумарната площ на хлабините е в сила изразът:

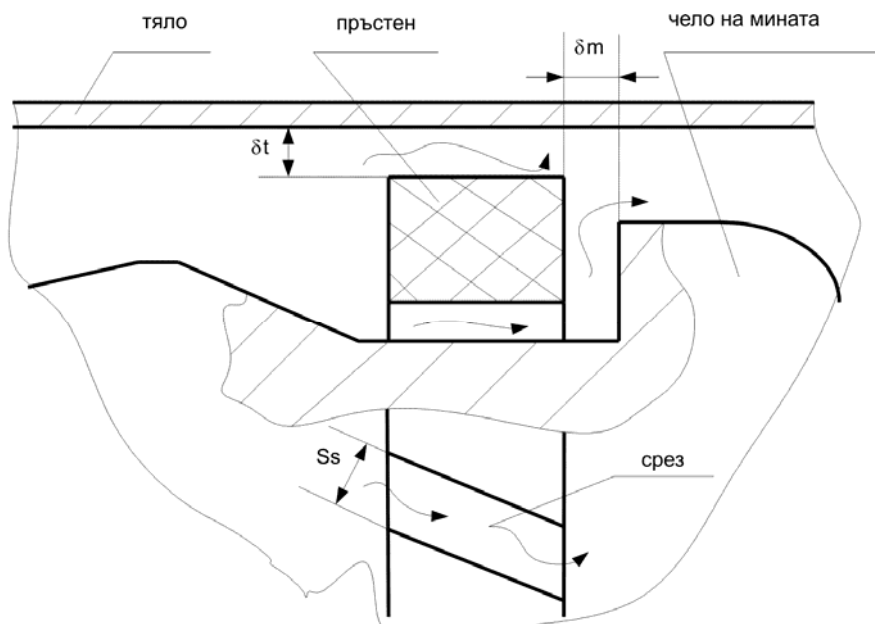
$$s_y = s_s + s_t + s_m, m^2$$

2. Налягане и натоварване на уплътнението

Уплътнителният ефект е следствие от деформацията на пръстена, предизвикана от налягането на газовете в задминното пространство и това в контактната повърхност. Силата от налягането преди уплътнението се стреми да го притисне към тялото. В момента, в който най-високите точки от грапавините по периферията на пръстена осъществят допир с тялото, започва тяхната деформация до оформянето на радиалната хлабина (Фиг. 1). На тази сила се противопоставя силата от средното налягане, действащо в хлабината между контактуващите повърхности. Неговото определяне може да се извърши по формулата [5]:

$$p_{cp} = \frac{\frac{2}{3}(p^3 - p_a^3)}{p^2 - p_a^2}, Pa,$$

където: p, p_a - налягане преди и след уплътнението, Pa .



Фиг. 3. Участъци на изтичане на газове

3. Разход на барутни газове

За определяне разхода на газове е използван способът за изчисляване на газовото течение с помощта на газодинамични функции, даващи основните качествени закономерности на течението и връзките между неговите параметри. Разгледани са двата основни периода от вътрешната балистика на минохвъргачния изстрел – първи и втори.

3.1. Първи период

Разходът на газове през този период е в пряка зависимост от импулса на нарастване на налягането (I_k), характера на процеса и вида на барута. Знаейки нарастването на импулса на налягането $I_i = I_k z_i$ от вътрешната балистика на изстрела, определянето на масовия разход може да се извърши по познатата формула [1]:

$$G_i = \frac{As_y I_i}{g}, kg, \text{ където: } A - \text{константа, зависеща от естеството на газовете, } s^{-1}; I_i - \text{импулс}$$

на нарастване на налягането, Ns/m^2 ; I_k - импулс на нарастване на налягането в края на горенето на барута, Ns/m^2 ; g – земно ускорение, m/s^2 ; z_i – относителна дебелина на изгорелия барутен

слой. Конкретизиран спрямо просвета на изтичане изразът може да добие вида: $G_{s_i} = \frac{As_s I_i}{g}, kg$;

$$G_{t_i} = \frac{As_t I_i}{g}, kg; G_{m_i} = \frac{As_m I_i}{g}, kg.$$

Ако означим с ΔG масовия разход в елементарен участък от движението на мината в тялото, за съответния сумарен масов разход е в сила равенството: $\Delta G_y = \Delta G_s + \Delta G_t + \Delta G_m, kg$.

Общият масов разход на газове през първия период за времето на изстрела се определя чрез формулата: $G_y^* = \sum_1^n \Delta G_{y_i}, kg$.

3.2. Втори период.

При определяне параметрите на газовото течение през втория период се изхожда от обстоятелството, че основните критерии за неговото подобие в различни участъци са числото на Мах и коефициента на скорост (λ) [2]. Знаейки " λ " е възможно както аналитично, така и таблично да се определят интересуващите ни газови функции $q(\lambda), \pi(\lambda), \varepsilon(\lambda), \tau(\lambda)$, даващи зависимостите между параметрите на течението и тези в уплътняваната повърхност (разход, налягане, плътност, температура). Определянето им спрямо " λ " и показателя на адиабатата (k) дава възможност за тяхното извеждане с достатъчна за практиката точност.

Температурата на газовете в контактната площ и след нея може да се определи чрез познатите зависимости, характеризиращи обемното им разширение при липса на топлообмен [3]. За пресмятането на газодинамичните характеристики се предлага следния алгоритъм:

$$(1) T_{cp} = \frac{T}{\left(\frac{p}{p_{cp}}\right)^{\frac{k-1}{k}}}, K$$

$$(2) T_a = \frac{T_{cp}}{\left(\frac{p_{cp}}{p_a}\right)^{\frac{k-1}{k}}}, K$$

$$(3) M_a = \sqrt{\frac{T - T_{cp}}{\frac{T_{cp}}{k-1}}}$$

$$(4) \mu = \frac{\nu_\mu}{\omega_1}, mol$$

$$(5) R_{\mu} = \frac{P_{at} V_{\mu}}{273}, J / mol.deg$$

$$(6) R = \frac{R_{\mu}}{\mu} J / kg.K$$

$$(7) a = \sqrt{kgRT_{cp}}, m / s ;$$

$$(8) V_{cp} = M_a a, m / s ;$$

$$(9) a_{kp} = \sqrt{\frac{2kgRT_{cp}}{k+1}}, m / s ;$$

$$(10) \lambda = \frac{V_{cp}}{a_{kp}} ;$$

$$(11) q(\lambda) = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{1}{k-1}} \lambda \left[1 - \frac{(k-1)\lambda^2}{k+1} \right]^{\frac{1}{k-1}},$$

където: T, T_{cp}, T_a - температура на газовете преди уплътнението, в уплътняваната повърхност и след него, K ; k - показател на адиабатния процес; M_a - число на Мах за газовото течение; μ - молекулна маса на газовете, mol ; R_{μ} - универсална газова константа, J / kgK ; R - газова константа на барутните газове, J / kgK ; a - скорост на звука в газа, m / s ; V_{cp} - скорост на газовете в течението, m / s ; a_{kp} - скорост на звука в газа при критично изтичане, m / s ; λ - скоростен коефициент; $q(\lambda)$ - газодинамична функция.

Числото на Мах и коефициентът на скорост, като основни критерии за превръщане на енергосъдържанието в кинетична енергия, определят характера на газовите течения с голяма скорост. При: $M_a < 1$, то е подзвуково, $M_a > 1$ – надзвуково, $M_a = 1$ има критичен характер [2].

Текущото време за преместването на мината при нейното движение в тялото се определя от равенството [1]: $t_i = \frac{2l_i}{V_i}, s$, а времето за елементарен участък може да се изчисли чрез изрази:

$$\Delta t = t_{i+1} - t_i, s.$$

Предвид избрания метод на газодинамичните функции и закона за съхранение на енергията, подходяща за пресмятане на масовия секунден разход на газове е предложената от проф. Орлов формула $G = \frac{2pks}{a_{kp}(k+1)q(\lambda)}, kg / s$ [11].

Нейният аналогичен вид спрямо местата на изтичане на газове е:

$$\Delta G_{s_i} = \frac{2p_i k s_s}{a_{kp}(k+1)q(\lambda)}, kg / s ; \Delta G_{t_i} = \frac{2p_i k s_t}{a_{kp}(k+1)q(\lambda)}, kg / s ; \Delta G_{m_i} = \frac{2p_i k s_m}{a_{kp_i}(k+1)q(\lambda)_i}, kg / s .$$

Сумарният масов секунден разход за елементарен участък е:

$$\Delta G_{y_i}^{**} = \Delta G_{s_i} + \Delta G_{t_i} + \Delta G_{m_i}, kg / s , а за времето на изстрела съответно - $G_y^{**} = \sum_{i=1}^n \Delta G_{y_i}^{**}, kg / s .$$$

За изчисляването на масовия разход при разглеждания участък се използват зависимостите:

$$\Delta G_{s_i} = \Delta t_i \Delta G_{s_i}^*, kg ; \Delta G_{t_i} = \Delta t_i \Delta G_{t_i}^*, kg ; \Delta G_{m_i} = \Delta t_i \Delta G_{m_i}^*, kg .$$

Сумарният масов разход през отделните просвети за елементарен участък се определя чрез равенството: $\Delta G_{y_i}^{**} = \Delta G_{s_i} + \Delta G_{t_i} + \Delta G_{m_i}, kg$. Общият масов разход за втория период може да се определи чрез изрази: $G_y^{**} = \sum_{i=1}^n \Delta G_{y_i}^{**}, kg$, където: p - налягане на газовете преди пръстена, Pa ;

Δt - време за елементарен участък от движението на мината, s .

Масовият разход на газове за времето на изстрела добива вида: $G_y = G_y^* + G_y^{**}, kg$.

Изводи:

1. Предложеният математичен модел дава възможност за определяне на основните газодинамични параметри, характеризиращи процеса на изтичане на барутни газове при изстрел на мина с уплътнителен пръстен.
2. Неговото използване би улеснило проектирането на уплътнителния пръстен и определянето на конструктивните му характеристики в зависимост от параметрите на работната среда.
3. Обстоятелството, че не се използват експериментално установени коефициенти, водещи до частен случай, прави модела по-широко приложим, а резултатите сравними с такива на други изследователи.

Литература

1. С е р е б р я к о в М. Внутренняя баллистика. М., ГИОП, 1949.
2. А б р а м о в и ч Г. Приложна газодинамика. С., ДИ Техника, 1973.
3. О п р е в М. Топлотехника. С., ДИ Техника, 1972.
4. С ъ б е в С. Уплътнения. С., ДИ Техника, 1969.
5. Н о в и к о в И. Бесшмазочные поршневые уплотнения в компрессорах.
6. П о т у р а е в В. Резиновые и резино-металлические детали машин.
7. М а й е р З. Торцовые уплотнения.
8. Л е п е т о в В. Расчеты и конструирование резиновых изделий.
9. Х р и с т о в Д. Пресмятане и конструиране на машинни елементи. С., Техника, 1980.
10. К о р н Г., Т. К о р н. Справочник по математике. С., Наука, 1977.
11. О р л о в Б. Проектирование ракетных и ствольных систем. М., Машиностроение, 1974
12. Jane's Infantry Weapons, 2005.

INFLUENCE OF THE TURBULENCE OF ATMOSPHERE DURING OPTIC MEASUREMENTS

Stiliyan Stoyanov¹, Valya Dimitrova², Angel Manev³, Kunyu Palazov³

¹Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

²Sofia University "St. St. Kliment Ohridski"

³Central Laboratory of Solar-Terrestrial Influences - Bulgarian Academy of Sciences
 e-mail: stil@yahoo.com

ВЛИЯНИЕ НА ТУРБОЛЕНТНОСТТА НА АТМОСФЕРАТА ПРИ ОПТИЧНИ ИЗМЕРВАНИЯ

Стилиян Стоянов¹, Валя Димитрова², Ангел Манев³, Куню Палазов³

Key words: turbulence, atmosphere, optic measurements

Ключови думи: турбуленция, атмосфера, оптични измервания

Abstract: Turbulent phenomena in the atmosphere, which lead to fluctuation of the intensity of the optical signal, are the cause for additional errors in optical and electronic goniometric devices. A quantitative evaluation of these errors is presented in this paper.

Different goniometric devices are used in optical and electronic devices for targeting, chasing and control. These goniometric devices consist mainly of coordinate sensitive photo receiver and optical receiving system that converts the angular coordinates into linear. Regardless of the photo receiver type, the signal coming from the object through the use of the optical system is focused on no more than two elements of the photo receiver. The difference in the signals of the two elements is proportional to the angular coordinate, and the beginning of the report coincides with the direction of the optical axis.

When using the devices in the conditions of the ground level atmosphere, the value of the intensity of the incoming optical signal fluctuates, as a result of the turbulent phenomena in the atmosphere.

An operation of division of the difference in signals and their sum is undertaken in order to exclude the effect of the atmospheric turbulence and other factors influencing the absolute value of the signal of the photo receivers. [1].

$$\varphi = k \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2},$$

where: φ – angular coordinate;

k – coefficient of proportionality;

U_1 and U_2 – value of the signal at the output of the photo receivers.

If we assume the probability, that the tension of the noises at the output of two photo receivers is distributed according to a normal law, the noises the two photo receivers are not correlated and they have equal dispersion and do not depend on the value of the signal U' , and when we have $\frac{U'}{U''} = \rho \gg 1$, the average quadratic value of the error of optical and electronic goniometer $\Delta\varphi$ could be expressed as follows:

$$(1) \quad \Delta\varphi = k \frac{\sqrt{2}U''}{U'} = \frac{k\sqrt{2}}{\rho},$$

where: U'' - average quadratic value of the tension of the noises at the output of every photo receiver;

$$U' = U_1 + U_2.$$

As long as U' fluctuates because of the turbulent phenomena in the atmosphere, from (1) follows that $\Delta\varphi$ also fluctuates, i.e. every moment the value of U' corresponds to a certain value of $\Delta\varphi$. With time for measuring t , significantly exceeding the time for correlation of the fluctuating process $\tau(t \gg \tau)$, the value of the error $\Delta\varphi$ is being averaged according to the value of the incoming signal:

$$\overline{\Delta\varphi} = \int_0^{\infty} \Delta\varphi(U') \omega(U') dU',$$

where: $\omega(U')$ – density of the probability of the value U'

Assuming that the density of the probability of the value U' is distributed logarithmically according a normal law [2] i.e.

$$(2) \quad \omega(U') = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma U'} e^{-\frac{\left(\ln \frac{U'}{U_0} - \mu\right)^2}{2\sigma^2}}$$

where: $\mu = \ln \frac{\overline{U'}}{U_0};$

$$\sigma^2 = \overline{\left(\ln \frac{U'}{U_0} - \mu\right)^2};$$

U_0 – Constructional coefficient,

Thus:

$$\overline{\Delta\varphi} = \int_0^{\infty} \frac{kU''}{\sqrt{\pi}\sigma U'^2} e^{-\frac{\left(\ln \frac{U'}{U_0} - \mu\right)^2}{2\sigma^2}} dU' \quad (3)$$

Transforming the formulae (3) we have:

$$(4) \quad \overline{\Delta\varphi} = k\sqrt{2} \frac{U''}{U_0} e^{-\frac{\ln\left(\frac{U''U''}{U_0}\right) + \sigma^2}{2}} = k\sqrt{2} e^{-\frac{\ln \rho + \sigma^2}{2}}$$

From formulae (4) comes the conclusion that the value $\overline{\Delta\varphi}$ did not depend on the choice of U_0

The average value of the error is a function of the level of the incoming signal and the value of the additive and multipliable disorders.

Investigating the formulae (4) we observe that $\overline{\Delta\varphi}$ quickly increases its value with the increase of σ .

For measuring time t , much smaller than the time for correlation of the fluctuating process $\tau(t \ll \tau)$, there is a probability that the value of the error exceeds certain admissible value. $\Delta\varphi'(P(\Delta\varphi \geq \Delta\varphi'))$

In order to calculate the probability, it is reported that:

$$P(\Delta\varphi \geq \Delta\varphi') = P(U' \leq U'_{\min})$$

where: $U'_{\min}$ is calculated with the formulae:

$$U'_{\min} = k \sqrt{2 \frac{U^{\parallel}}{\Delta\varphi^{\parallel}}}.$$

Then:

$$(5) \quad P(\Delta\varphi \geq \Delta\varphi') = \int_0^{U'_{\min}} \omega(U^{\parallel}) dU^{\parallel}$$

After substituting formula (2) in formula (5) we have:

$$P(\Delta\varphi \geq \Delta\varphi') = F \left(\frac{\ln \frac{U'_{\min}}{U_0} - \mu}{\sigma} \right) = F \left(\frac{\ln \frac{k\sqrt{2}}{\Delta\varphi^{\parallel}} - \ln \rho}{\sigma} \right)$$

where:
$$F = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

In conclusion we could summarize:

1. The value $P(\Delta\varphi \geq \Delta\varphi')$ did not depend on the choice of U_0 and is a function from the level of the incoming signal and the value of the additive and multipliable noises.
2. The turbulent phenomena in the atmosphere, leading to multipliable noises, have a great influence for causing errors in optical and electronic goniometer. The report for these errors is necessary in the process of creating devices, which are designed to be used in the atmospheric ground levels.

References:

Melutire Ch. I. Earth Survey Problem, Proceedings of COSPAR, FRG, 1993. P. 286–291.
Swindlel W.Y. Appl. Opt. 1998, v.4, N3, p. 468–472

Session 8

Space Education

Chairman: Prof. Petar Getsov
Secretary: Res. Fell. Maria Dimitrova

STRATEGIC REVIEW OF WORLD SCIENTIFIC PROBLEMS AND MULTITEMPORAL COSMOLOGY

Zdravko Andonov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences,
e-mail: zda@abv.bg; e-mail: zda1952@bas.bg

Keywords: 6D-nD, World Scientific Problems: - Riemann $\zeta(s)$ Problem (RH), FLT, NCP, NBP; Multitemporal Cosmology, Multitemporal (N-D) & Infinitesimal (∞ -D) Theory of Relativity, Gesamtfeld, GUT.

Abstract: Analyzing the history of Civilizations and Sciences until 21st century, it's represented one of the biggest enigmas, sensations, challenges and paradigms of World Science revolutions – The phenomenal bulgarian scientist Professor Nikola St. Kaslitzin - "Multitemporal Theory of Relativity" (MTR) creator...

There are generalized the $\zeta(s)$ (Zeta Riemann's Function) and RH (Riemann's Hypothesis) with multidimensional complex functions for the Multidimensional Times and for "Infinitesimal Theory of Relativity" of the Stiliyan Kalitzin - World 100-years old Scientific Problem & Hyperphenomenon, for which World needs to know today - 50 years after 1st Artificial Earth satellite.

It's showed that the World R&D in 21-century and III Millennium development of brain-new Cosmological General Theory, assimilating SRT, GRT, modern cosmological theories as Theory of Everything, Grand Unification Theory (GUT) etc., are unable without response of "Great Problem for Time Entity" and MTR.

Strategic Review of World Scientific Problems (searching solution of "Problem for all Problems" – Time's Problem) is missing in General Scientific Civilizations Strategy, in Cosmology, in Physics and in Philosophical treatises by Aristotle, Augustine, Huygens, Newton, Euler, Gauss, Riemann, Poincare, Einstein, Bergson, Prigogine & Hawking.

The decision is made, following Ilia Prigogine' Synergetics, that without response of the "Problem of Multidimensional Time Entity" as catalyst for Times-Understanding, would not have had fittingly development of 21-century World Civilizations and Sciences...

Multitemporal and Infinitesimal Theory of Relativity by Nikola & Stiliyan Kalitzin (parallel made with Einstein' SRT in 1905) it's showed together with "The Greatest of All Time" World Scientific Problems as: Riemann Hypothesis (RH), Fermat's Last Theorem (FLT); Newton-Gauss N-Body Problem (NBP), Poincare Conjecture (PC), Hamilton's Quaternions and Eukonals generalizations problem; N-Colors Problem (NCP), etc., whose solutions we search, find and approve on the Multidimensional Time Paradigm (with over 1,730,000 Google titles - May, 2007- see #1 on the top – SENS'2006 – [6]).

Advanced asymptotic generalization and proof-solution of Riemann's Hypothesis (RH), here and now (with BG contributions of N. Obreshkoff, L. Chakaloff & G. Daniloff), it's committed to Prof. Nikola St. Kalitzin, Creator of two World hyper important theories: - "Theory des relativistischen Racketen" and „Multitemporal Theory of Relativity".

Пролог към световните научни проблеми и космологията.

Without doubt it would be desirable to have a rigorous proof of this proposition; however I have left this research aside for the time being after some quick unsuccessful attempts, because it appears to be unnecessary for the immediate goal of my study

B. Riemann – 1859

Аз направих един първи и единствен опит на 10.V.2007г. да се запозная и да реша най-мистериозния и считан за най-непреодолим от гениите световен научен проблем №1 – Хипотезата на Риман (RH) за нетривиалните корени на дзета-функцията $\zeta(s)$... Свободен от всякакви комплекси и илюзии, но въоръжен с парадигмите на многомерното време, непознавайки нито един от неуспешните опити за покоряване на този Еверест на Науката, аз летях по върховете на мултитемпорални облаци от формули, когато в един единствен миг разбрах квинтесенцията и решението! – То бе като един космически меч, който разсичаше на две Небето и Небесната дъга, и цялата Вселена, движен от конволюция на две космически вълни, слети в едно...

Авторът – 10.V.2007

Дълго мъдрувах как и с какво да започна това най-предизвикателно «ревию» - «Стратегически преглед на Световни научни проблеми (СНП) и Мултитемпорална Космология». И накрая реших как – с чувство за хумор, воден от максимата «Физиците и математиците продължават да се шегуват» и с какво – с «велика мисъл» на «Владетелят на Вселената» Стивън Хокинг (Stephen W. Hawking)...: - "Silence! The Big Boss sleeping!" – "Тихо! (Забравете за мен! Не ме безпокойте!) Големият Шеф спи!"... Ако Великият Хокинг беше написал вместо "Big Boss" – "Big Bang" на вратата на работния си

кабинет в Кеймбридж, предизвикателството нямаше да е по-малко, но внушението към "Гениите на Света" щеше да е по-слабо! Силното внушение на Хокинг мобилизира световната армия на учените по-драматично и от 100 кралски бойни тръби! То предупреждава Земната Цивилизация да не проспи края на 20-ти и началото на 21-век и на III хилядолетие в търсене и намиране решение на СНП, завещани още от времето, когато на неговия стол са седели Исак Нютон и се стигне до Пол Дирак! Толкова по-изненадан останах, когато отворих "The Universe in a Nutshell by Stephen William Hawking" и там не открих нито едно заглавие на Dirac, а само забележката, че "при Дирак – столът не е бил автоматизиран!... Нима, казах си, може да има "Absolutly Silece about Dirac"... Така по-ирония на съдбата, докато "Големите Босове" като Henry F. Schaefer III пишат трактати от вида "Stephen Hawking, The Big Bang, and God", аз реших да сканирам "The Chair of Hawking" и да видя "Къде Бог е решил да премести Духът на Дирак", за да не "пострада от автоматизацията"!... Скоро след това на 10.IV.2007г. в стил надминаващ Sherlock Holmes на Sir Arthur Conan Doyle, загадката беше решена! Отговорът беше, колкото неочакван, толкова и закономерен – Професор Никола Ст. Калицин (Proffesor Nikola St. Kalitzin), автор на необикновената монография "Multitemporal Theory of Relativity"... Първото нещо, което видях в монографията бе точно това, което търсех: - "DIRAC EQUATION FOR SIX-DIMENSIONAL SPACE"... Да!... Но как беше станало всичко това?!... Дори като абсолютна шега на Всевишния, дори за човек като мен, способен да приеме всякакви предизвикателства и над "Квантовата Космология" на Хокинг [19] и Холографската Вселена на Дейвид Бьом [10,13,16] – това беше прекалено много!... И все пак намерих и вълновата функция (Wave Photon Function) и предавателната функция (Transfer Photon Function), циркулираща между "фотонните ракети" (Photon Rockets) от "Theory des relativistischen Racketen" Nikola St. Kalitzin и "Photon counting system, c1980s - Inventory No.: 1990-0428_0001 Science Museum – London" и един истински Big Boss – съмишленик и приятел на Хокинг - Professor Alex Boksenberg CBE FRSCChair & Chair of Natural Science Committee, Director of the Royal Greenwich Observatory)... Но как на езика на Синергетиката, "Метаморфозите на Науката" и "Тревогата за Времето" на Пригожин, Айнщайн и Бергсон стана "Новата Връзка" - "New Connection"?!... – Много просто... – На 15.VI.2004г. в обсерваторията "Rozhen" по време на конференцията BAM'2004 между стотиците костюмирани учени с вратовръзки открих мигновено в центъра на събитието единствения истински Учен – Той беше некустюмиран и без вратовръзка... Веднага разбрах (по шалчето му от камширска коприна), че това е дългоочакваният от всички посветени Big Boss... Аз също бях некустюмиран, без вратовръзка и с шалче, също от камширска коприна!... Всичко беше ясно в мига, когато си стиснахме ръцете и се погледнахме в очите с проф. Боксенберг – най-добрият приятел на Хокинг! – Някъде свободните фотони са се преплитали във фотонни вълнови функции и са пренесли информацията за MTR-Prof. Kalitzin и Multitemporal Cosmology. Елементарно Уотсън! С това модерната световна и европейска тенденция "Физика на сцената" и "Шегата" в стил "Stephen Hawking, The Big Bang, and God" свърши"!... Важно е обаче да се знае, че от проф. Алекс Боксенберг разбрах, че усилията на Хокинг са насочени към 11-мерната 11D Quantum Cosmology, което е гребенът на вълната на световната космология и наука... А това е много важно, не просто за сверяване на часовниците, а за избор на оптимална стратегия за развитието на космическите изследвания!...

Как да оценим "оценките" [7,20,32] за СНП на 20 век и II хилядолетие, за да направим истински стратегически преглед на Науките като *I-ва стратегическа парадигма*?!... Рекапитулирам веднага: - Всички световни класации в т.ч. и най-авторитетните като тази на световния информационен лидер BBC за учен №1 (Айнщайн), мислител №1 (Маркс) и личност №1 (Чърчил) на II-то хилядолетие подлежат на сериозна критика, спрямо СПН на D. Hilbert (1900). Можем категорично да констатираме, че от гледна точка на Космологията, Науките за Бога, Науките за Природата и Науките за Историята няма нито една 100% вярна и истинска научна теория, научна стратегия и фундаментална научна парадигма, поради неразбиране същността на "Парадигмата Време" – със сигурност от "Физиката" на Аристотел до Квантовата физика на Хайзенберг, Шрьодингер, Бор и Бом [10,13,16] и Квантовата космология на Хокинг [19]. *II-та стратегическа парадигма* е "Кои Задачи и Проблеми на Физиката, Математиката, Космологията и Науките на 21 век като цяло са коректни и кои са некоректни?" [16]... *III-та Парадигма* е за прехода към N-dim Times Systems [1-6,8,22], в който преход космологично ще се преосмислят всички СНП, теории и достижения...

Критика, анализ, синтез и космологични иновации върху СНП

Стратегически преглед на World Scientific Problems (Световните научни проблеми (СНП) – за търсене решение на "Problem for all Problems" – Time's Problem) липсва в генералните научни цивилизационни стратегии, в Космологията, във физиката и във философските трактати на Aristotle, Augustine, ..., Huygens, Newton, Euler, Gauss, Riemann, Poincare, Einstein, Bergson, Prigogine, Hawking... Развитието на парадигмите за многомерното трансцендентално време в MTR и в иновационна Мултитемпорална Космология поставят естествено, както въпроса за създаване на GUT

с фундамент "Einstein's Gesamtfeld" (тук - обединително поле на многомерното време), така и въпроса за разрешимост на Проблемите на Хилберт и Смейл с парадигмите на многомерното време.

Класификацията на 18 върхови СНП (Световни Научни Проблеми - World Scientific Problems) за 21 век, дадена от Steven Smale, (носител на Field награда, приета на нивото на Нобеловите награди по физика), цитирана по оригинала [32], е следната:

- S-1. The Riemann hypothesis (RH – Хипотезата на Риман за корените на дзета-функцията).
- S-2. The Poincaré conjecture (Хипотеза на Поанкаре - Всяка едносвързана тримерна повърхност е хомеоморфна на тримерната сфера).
- S-3. Does $P=NP$? – Множеството от всички полиномно решими проблеми еквивалентно ли е на множеството на всички недетермистични полиномни проблеми? (Are P-problems equivalent to NP-problems)? (3.1. P Problems (P: Polynomial): The set of all polynomially solvable problems; 3.2. NP Problems (NP: Nondeterministic Polynomial): the set of all problems that can be solved if we always guess correctly what computation path we should follow.).
- S-4. Integer zeros of a polynomial. (Цели корени на полиномите).
- S-5. Height bounds for Diophantine curves. (Граници на височина на Диофантови криви).
- S-6. Finiteness of the number of relative equilibria in celestial mechanics. (Крайност на броя на относителните равновесия в небесната механика?).
- S-7. Distribution of points on the 2-sphere. (Разпределение на точките върху двумерната 2D сфера).
- S-8. Introduction of dynamics into economic theory. (Въвеждане динамика в икономическа теория).
- S-9. The linear programming problem. (Проблемът на линейното програмиране (оптимизиране)).
- S-10. The closing lemma. (Лемата за затварянето).
- S-11. Is 1-dimensional dynamics generally hyperbolic? (Едномерната 1D динамика винаги ли е хиперболична?).
- S-12. Centralizers of diffeomorphisms. (Централизатори на дифеоморфизми).
- S-13. Hilbert's 16-th problem. (16-та Проблема на Хилберт).
- S-14. Is the dynamics of the ordinary differential equations of Lorenz that of the geometric Lorenz attractor of Williams, Guckenheimer, and Yorke? (Tucker (2002) answered this question in the affirmative). (Проблемът за атракторът на Лоренц: - Има ли динамична система за ординарните диференциални уравнения на Лоренц, която е от вида - геометричен Лоренцов атрактор на Уилямс-Гукенхаймер-Йорк).
- S-15. Navier-Stokes equations. (Уравненията на Навье-Стокс).
- S-16. The Jacobian conjecture. (Хипотезата на Якоби).
- S-17. Solving polynomial equations. (Решение на полиномни уравнения).
- S-18. Limits of intelligence. (Граници на интелекта).

Темата за СНП е активизирана от В. И. Арнолд, поставил от името на IMU (International Mathematical Union) въпроса за оптимизирано комплексно решаване на 23-те проблема на Д. Хилберт (Hilbert's 23-Problems) от 1900 г. като важни и неотложни проблеми за решаване на 21 век!

Стратегически важно е, за избор на оптимална научна стратегия за Космологията на 21 век и III хилядолетие и за Света, да се преосмислят 18-те проблеми на Смейл (Smale 18-Problems), интегрално с 23-те проблеми на Хилберт:

- H-1. Cantor's problem of the cardinal number of the continuum (The continuum hypothesis). (Континуум Хипотезата на Кантор – Заб. – Ключова за Multitemporal Transcendental Cosmology).
- H-2. The compatibility of the arithmetical axioms. (Съвместимост на аритметичните операции?).
- H-3. The equality of two volumes of two tetrahedra of equal bases and equal altitudes. (Равенство на обеми на тетраедри с еднакви бази и алтитуды?).
- H-4. Problem of the straight line as the shortest distance between two points (Alternative geometries). (Проблемът за алтернативните геометрии с min-dist между две точки).
- H-5. Lie's concept of a continuous group of transformations without the assumption of the differentiability of the functions defining the group (Are continuous groups automatically differential groups?) (Идея на Софус Ли за трансформация на непрекъснатите и диференциалните групи).
- H-6. Mathematical treatment of the axioms of physics. (Аксиоматика на физиката, механиката и теорията на вероятностите).
- H-7. Irrationality and transcendence of certain numbers. (Ирационалност и трансцендентност на известни числа – Gelfond' Proof).
- H-8. Problems of prime numbers. (The distribution of primes and the Riemann hypothesis). (Риманова Хипотеза – Функция на разпределение на простите числа и корени на дзета функцията $\zeta(s)$).
- H-9. Proof of the most general law of reciprocity in any number field. (Закон за реципрочност във всяко числово поле).
- H-10. Determination of the solvability of a diophantine equations. (Детерминиране разрешимост на диофантови уравнения - Y. Matiyasevich - Proof).

- H-11. Quadratic forms with any algebraic numerical coefficients. (Разрешимост на квадратични форми с произволни алгебрични числени коефициенти).
- H-12. Extension of Kroneker's theorem on abelian fields to any algebraic realm of rationality. (Generalising theory of field extensions to arbitrary rational domains) (Разширимост на Абелеви полета до произволни рационални области?).
- H-13. Impossibility of the solution of the general equation of the 7-th degree by means of functions of only two arguments. (Generalizes the impossibility of solving 5-th degree equations by radicals). - (Интерпретация и Обобщение на Проблема H-13 - Мои (Заб. моя – З.Д.А.) – Разширение на Теорията на Галуа за уравнения на много аргументи (≥ 2) от 7-степен и по-висока).
- H-14. Proof of the finiteness of certain complete systems of functions. (Проблем за съществуването винаги на финитна система от релативни интегрални функции, за които всяка друга релативна интегрална функция да се представи рационално и интегрално).
- H-15. Rigorous foundation of Schubert's enumerative calculus. (Хипотеза на Шуберт).
- H-16. Problem of the topology of algebraic curves and surfaces (Maximal number of limit cycles?!). (Проблем на топологията на алгебричните криви и повърхнини)
- H-17. Expression of definite forms by squares. - Whether every definite form may not be expressed as a quotient of sums of squares of forms. (HH – Хипотеза на Хилберт за дефинитните форми).
- H-18. Building up of space from congruent polyhedra. (n -dimensional crystallography groups, fundamental domains, sphere packing problem.). Generalized: Groups of motions in the plane; Riemann's (elliptic), Euclid's, or Lobachevsky's (hyperbolic) geometry; Theory of analytic functions. (HH - For the complete covering of the plane an infinite number of congruent regions is necessary). (Проблем на построяване на многомерни пространства от конгруентни полиедри).
- H-19. Are the solutions of regular problems in the calculus of variations always necessarily analytic? Dirichlet's problem on the potential function, boundary values which are continuous, but not analytic? - On the other hand it is probable that every surface whose gaussian curvature is constant and positive is necessarily an analytic surface. (Проблем на Дирихле за аналитичност на потенциала).
- H-20. The general problem of boundary values. (Variational problems). – (Генерален вариационен проблем (Генерален принцип на Дирихле (Dirichlet's General Principle)) за граничните стойности).
- H-21. Proof of the existence of linear differential equations having a prescribed monodromic group. (The problem requires the production of n functions of the variable z , regular throughout the complex z - plane except at the given singular pointas). (Хипотеза за $\exists$ на с-ма ЛДУ с $\exists$ монодромна група).
- H-22. Uniformization of analytic relations by means of automorphic functions. (Хипотеза на Хилберт-Поанкаре за регуляризация на всички алгебрични неаналитични релации).
- H-23. Further development of the methods of the calculus of variations. Hilbert's-Weierstrass's Kneser's Conjectures about multivariables generalization of the Hamilton-Jacobi equations. (Предположения на Хилберт-Ваершрас-Кнесер за обобщаване на уравненията на Хамилтън-Якоби с функции на n -променливи).

Решения на световни научни проблеми и мултитемпорална космология

Съвременната космология, логика и приложната космическа RS логистика развиват т.нар. автоматизирана система на всички системи, поддържаща логически и програмни космически и земни структури и инфраструктури на базата на т.нар. множество на всички възможни множества [11,25] в различни области... За създаване на надеждни експертни системи, дори на най-ниското ниво за спътников контрол на процесите и системите на Земята, са необходими завършени технологично "4D-6D RS System for All Systems", интегрирани в NASA, ESA, NATO, GMES и т.н. В същото време са необходими надеждни обобщени аналитични дзета-модели от Мултитемпоралната Риманова и НеРимановата Космология за Земята, Планетите, Слънчевата система, Галактиката и Вселената, т.к. съвременните космологични уравнения на ТО и квантовата космология са далеч от истината за процесите и явленията, обект на RS на Земята и Слънчевата система. За целта, за всеки RS наблюдаван обект на Земята и в Космоса, могат да бъдат развити и използвани обобщени многомерни дзета-модели и вълнови генератори – нива над Projects "Phoenix", "Montauk", etc.

В случая правя изследвания и обобщения за решаване на нерешения 148 години Проблем №1 - "The Riemann Hypothesis"[7,14]. Други важни СНП проблеми са третирани в [1-7,12-16,23-35].

Обобщаването на Римановата дзета-функция ($\zeta(s)$ Zeta Riemann's Function) правим с multidimensional complex functions за целите на Multidimensional Times Sciences, MTR & "Infinitesimal Theory of Relativity" на N. S. Kalitzin [4, 22] и Multitemporal RS & Cosmology [1-6]:

$$(1) \quad \zeta(s, x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n^s} = \frac{x^1}{1^s} + \frac{x^2}{2^s} + \frac{x^3}{3^s} + \dots + \frac{x^n}{n^s} + \dots; \quad \zeta(s, x=1) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n^s} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}$$

$$\begin{aligned}
(2) \quad \zeta(s, x, y, z) &= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} (x^n + y^n + z^n) \\
(3) \quad \zeta\{s, f[x(t)], f[y(t)], f[z(t)]\} &= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} \{f[x(t)]^n + f[y(t)]^n + f[z(t)]^n\} \\
(4) \quad \zeta\{s, F\{f[X, Y, Z, T_x, T_y, T_z]\}\} &= \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^M \frac{1}{n^s} \{F_m\{f[X, Y, Z, T_x, T_y, T_z]\}\}^n \\
(5) \quad \varphi\{\zeta[s, f(x(t)), f(y(t)), f(z(t))]\} &= \\
&= \text{Arctg}\{\text{Im}\{\zeta[s, f(x(t)), f(y(t)), f(z(t))]\} / \text{Re}\{\zeta[s, f(x(t)), f(y(t)), f(z(t))]\}\} \\
(6) \quad \Phi\{\zeta[s, F[f(X, Y, Z, T_x, T_y, T_z)]]\} &= \\
&= \text{Arctg}\{\text{Im}\zeta[s, F[f(X, Y, Z, T_x, T_y, T_z)]] / \text{Re}\zeta[s, F[f(X, Y, Z, T_x, T_y, T_z)]]\} \\
(7) \quad \nu\{\Phi\{\zeta[s, F[f(X, Y, Z, T_x, T_y, T_z)]]\}\} &= \nabla\{\Phi\{\zeta[s, F[f(X, Y, Z, T_x, T_y, T_z)]]\}\},
\end{aligned}$$

където функционалният Hamilton оператор “набла” е 6-мерен в 6D Пространството-Време -

$$(8) \quad \nabla = \{i[\partial\Phi/\partial X] + j[\partial\Phi/\partial Y] + k[\partial\Phi/\partial Z]\} + \{i[\partial\Phi/\partial T_x] + j[\partial\Phi/\partial T_y] + k[\partial\Phi/\partial T_z]\}.$$

Доказателство на обобщена “хипотеза на Риман” за $\zeta(s, x=1, y=1, z=1) = 0$

(Proof – Solution of Generalized ζ RH: $\zeta(s, x=1, y=1, z=1)$ Riemann's Hypothesis - GRH)

При дефинитивното обобщение (2) за $\zeta(s, x=1, y=1, z=1)$ (по условие) $p \rightarrow \infty$ [12,14,15, 30] и поради наличието на равенствата

$$(9) \quad 0 = \zeta(s, x=1, y=1, z=1) = \zeta(1-s, x=1, y=1, z=1) = 0, \quad \{\text{следствие от обобщени функционални уравнения на } \zeta(s) = 2^s \cdot \pi^{s-1} \cdot \sin(\pi s/2) \cdot \Gamma(1-s) \cdot \zeta(1-s) \text{ и } \zeta(1-s) = 2^{1-s} \cdot \pi^s \cdot \cos(\pi s/2) \cdot \Gamma(s) \cdot \zeta(s), x=1\}$$

верни за корените s в “полупространството” $\text{Re}(s) \geq 1/2$ с изключение на полюса $s=1$ и верни за корените s в “полупространството” $\text{Re}(s) \leq 1/2$ с изключение на полюса $s=0$, последователно следва, че Обобщената дзета-функцията на Риман (2) има корени тогава и само тогава, когато:

$$(10) \quad \text{Re}\{\lim[\zeta(s, x=y=z=1)/\zeta(1-s, x=y=z=1)]\} = \text{Re}\{\lim_{p=1}^{\infty} [(p_x^{2s-1}) \cdot (p_y^{2s-1}) \cdot (p_z^{2s-1})]\} = 1.$$

Последната релация в (10) аналитично и еднозначно $\forall p_x, p_y, p_z \rightarrow \infty$ е равносилна на релация за степенния показател $2s-1 = \text{Re}(2s-1) + \text{Im}(2s-1)$, ($\forall p_x, p_y, p_z \rightarrow \infty$ от $\zeta(s)$):

$$(11) \quad \text{Re}(2s-1) = 1, \text{ равносилно на } \text{Re}(s) = 1/2 - \text{Вярно за RH и GRH. С това S-1 е решен!...}$$

Заклучение: От предизвикателствата на 21 век и III-то хилядолетие [1-35] с първостепенна стратегическа важност и актуалност са S-1~H-8 “хипотезата на Риман (RH) за нетривиалните корени на дзета-функцията [7,9-16], и двете групи от World Scientific Problems (WSP-СНП) на Хилберт и Смейл (D. Hilbert & S. Smale) – фундаментални за развитието на Мултитемпоралната Космология, RS на Земята, планетите и динамичните системи в Космоса, R&D на 21 век.

Изводи:

1. Поради неразбиране, игнориране, неспособност за степенуване и решаване на най-важните от проблемите на Хилберт, и - особено важните за космологията H-1,4-8,13,16,18-20,22-23, огромна част от 20 век е “проспана” за СНП и това е Great Hawking's Sleeping Challenge!...
2. От СНП S-1-S-18 откроявам: S-1=H-8, S-6 и S-18 – в т.ч. свръхинтелектите – Kalitzin, Daniloff...
3. Космологичното решение на S-18 е: 1. Безкраен (Infinity) ограничен (limited) интелект. 2. Краен (finite) & безграничен (unlimited). 3. Краен и ограничен. 4. Безкраен и безграничен интелект.

Литература

1. A n d o n o v, Z. D., 1999, The Paradigm of Stephen Hawking and the Challenges of Civilizations and Cosmos to the III Millennium. – Proc., International Sc. Conf. – “30-Years Space Research in Bulgaria”, Sofia, p.117-120.

2. A n d o n o v, Z. D., 2005, Multidimensional Time – The Problem of Problems in the Sciences for the Earth, Cosmos and Civilizations. – Int. Sc. Conf. "SES'2005", Varna, Session I: - Space Physics & Astronomy, p. 97-102.
3. The Thriology and the Needs of Transcendental Theory of Theories & Transcendental Theory of Times (TTT-TTT) Development for Research of the Earth and Cosmos. – Proc., "Tribologia'99", p. 137-145.
4. A n d o n o v, Z. D., 2005, Multidimensional Time, Multidimensional Man and Solution of N-Bodies Problem in Multidimensional 6D Space-Time. – Sc. Session. – Nat. Defence Un-ty, Aero-Space F. – Proc. V. 2, p. 341-359.
5. A n d o n o v, Z. D., 2006, Intellectual Cosmological Challenges and Fermat's Last Theorem Solution. - Int. Sc. Conf. SENS'2006 – Varna, Proc.:CD&<http://www.space.bas.bg/astro/ses2006/Cd/R15.pdf>, Sess. 1, No.15, p.1-10.
6. A n d o n o v, Z. D., 2006, Thinking Experiments in Remote Sensing of Earth and Cosmos. - SENS'2006 – Intern. Scientific Conference, Varna, Proc.: CD & <http://www.space.bas.bg/astro/ses2006/Cd/R6.pdf>, No. 6, p.1-7.
7. A t i y a h, M., G o v e r s, T., T a t e, J., 2000, The Millennium Prize Problems. – Lectures - Millennium Meeting – May, 24, 2000, Collège de France, Paris, <http://www.msri.org/>, Clay Mathematics Institute (CMI), VHS + 16 pp.
8. A t k i n, R. H., 1979, Time as a pattern on a multi-dimensional structure. – GENERAL SYSTEMS, Vol. XXIV, System Scientific Ins., University of Louisville, US, p. 47-61.
9. B e r r y, M. V., K e a t i n g, J. P., 1999, $H=x.p$ and the Riemann zeros, in Supersymmetry and Trace Formulae: Chaos and Disorder. - Eds. I.V. Lerner, J. P. Keating & D.E. Khmelnitskii (Plenum Press), 355-367.
10. B o h m, D., 1965, QUANTUM THEORY. – Prentice - Hall Inc., New York, 728 pp.
11. B o u r b a k i, N., 1968, Eléments de mathématique. Livre 3, Topologie générale. Chapitre 9. Utilisation des nombres réels en topologie générale. - Paris, Hermann, 1968, 1045 pp., Russ, Nauka, 1969, 395 pp.
12. C h e b y s h e v, P. L., 1850, Mémoire sur les nombres premiers. - Mémoires de l'Acad. Imp. Sci. de St.-Petersbourg, VII, 1850, p. 17-33. (Re: Journ. de math. pures et appl., I serie, XVII, 1852, p. 366-390).
13. C o l e s, P., 2005, The state of the Universe. – In the 2005 – World Year of Physics Review Articles (pp. 215-258), NATURE, 20 January 2005, Vol. 433 / Issue No. 7023, p. 248-256.
14. C o n r e y, J. B., 2003, The Riemann Hypothesis. - Notices of the AMS, 50, 2003, p.341-353.
15. D a n i l o f f, G., 1941, Contribution a la theorie des fonctions arithmetiques. - Recueil de l'Academie des Sciences Bulgare, (French summary), Sofia, State Printing House, Book XXXV, Part 4, Vol. 17, p. 479-590.
16. D y s o n, F. J., 1991, Butterflies and Superstrings. - The World Treasury of Physics, Astronomy and Mathematics. Ed. Ferris, Timothy - New York: Little, Brown & Company, 1991, p. 128-145.
17. E i n s t e i n, A., 1949, RELATIVITY - The Special and the General Theory. - METHUEN & Co. Ltd., London; BG: Изд. "Наука и Изкуство", София, 1965, с. 150.
18. H a m i l t o n, W. R., 1931, The Mathematical Papers of Sir William Rowan Hamilton: Cambridge at the University Press: - Vol. I Geometrical Optics; 1931, 534 pp.; Vol. II Dynamics, 1940, 656 pp.; Vol. III Algebra, 1967, 672 pp.
19. H a w k i n g, S., 1988, A Brief History of Time. - London, "BANTAM", 198 pp. & www.damtp.cam.ac.uk/~hawking.
20. H i l b e r t, D., 1900, Mathematical Problems. - Lecture delivered before the International Congress of Mathematicians. – Paris, 1900. - <http://aleph0.clarku.edu/~djoyce/hilbert/problems.html> - 2000, 31 pp.
21. H u r w i t z, A., C o u r a n t, R., 1964, Vorlesungen Über Allgemeine Funktionentheorie & Elliptische Funktionen; Herausgegeben und Ergänzt Durch Einen Abschnitt über Geometrische Funktionentheorie, SPRINGER, 618 pp.
22. K a l i t s i n, N. S., 1975, Multitemporal theory of relativity / Nikola S. Kalitzin: - Sofia, Publishing House - Bulgarian Academy of Sciences, & [http://www.collectionscanada.ca/wbin/resanet/resultsm/Relativity+\(Physics\)](http://www.collectionscanada.ca/wbin/resanet/resultsm/Relativity+(Physics)), 123 pp.
23. K a u f f m a n, L., 2003, Reformulating the Map Color Theorem. - arXiv:math/0112266v2, 28 figs-LaTeX, p.1-40.
24. K l e i n, F., 1926, Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert. - Teil I: - Für den Druck bearbeitet von R. Courant und O. Neugebauer - Berlin - Verlag von Julius Springer, 1926, 479 pp.
25. K u r a t o w s k i, K., 1972, Introduction to Set Theory and Topology. - Pergamon -1961; Elsevier -1972, 283 pp.
26. O b r e s h k o f f, N., 1962, Number theory. Обрешков Н., Теория на числата. - С. „Наука и Изкуство“, 247 с.
27. P e r e l m a n, G., 2002, 2007, The entropy formula for the Ricci flow and its geometric applications. - arXiv:math/0211159v1 [math.DG, [v1] Mon, 11 Nov 2002, Re: Print 30 March 2007, p. 1-39.
28. P o i n c a r e, H., 1892, Les Methodes Nouvelles de la Mecanique Celeste: - Vol. I-III - Paris, 1892. – Russian: - Изд. "Наука", Москва, 1971, T.I - 771 c.; T.II - 999 c.; T.III - 771 c.
29. P r a t t, W. K., 1978-2007, Digital image processing. - John Wiley and Sons, Inc, 1978/2007, 698 pp.
30. R i e m a n n, B., 1859, Ueber die Anzahl der Primzahlen unter einer gegebenen Grösse. - Monatsberichte der Berliner Akademie, November 1859, p. 671-680.
31. S h i, K., 2003, A Geometric Proof of Riemann Hypothesis. - <http://eprintweb.org/S/archive/math/0308/>, p. 1-21.
32. S m a l e, S., 1998, Mathematical Problems for the Next Century. - Math. Intelligencer 20, No. 2, p. 7-15.
33. S p e n c e r-B r o w n, G., 2006, A Short Proof of Riemann's Hypothesis. –www.laws-of-form.net/riemann, p.1-10.
34. T c h a k a l o v, L., 1982, Opera. – Vol. I, Sofia, BAS (Bulgarian Academy of Sciences) Press, 364 pp.
35. W i l e s, A., 1995, Modular elliptic curves and FLT". - Annals of Mathematics 142 (1995), p. 443-551.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ПЪЛНИТЕ СЛЪНЧЕВИ ЗАТЪМНЕНИЯ НА 11.08.1999 И 29.03.2006

Милен Замфиров, Петър Гецов

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: dacs_sri@abv.bg

Key words: total solar eclipses, methods, tools

Abstract: The article discusses some of the results related to the two total solar eclipses on 11.08.1999 and 29.03.2006. The methods and tools used to take the pictures are described in details.

Увод

Явлението слънчево затъмнение се наблюдава при кратковременно проектиране на лунния диск върху видимия диск на Слънцето, при което сянката, хвърлена от Луната се премества по земната повърхност.

В статията се разглеждат някои резултати, свързани с двете слънчеви затъмнения на 11.08.1999 г. и 29.03.2006 г. Описани са методите и средствата при провеждането на снимките.

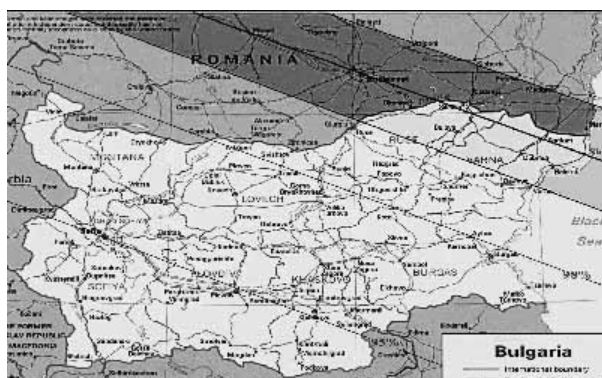
Слънчевите затъмнения са много важни за науката. При тях се наблюдава слънчевата корона, слънчеви протуберанси, броелицата на Бейли. Също така те имат силно биологично, геофизично и метеорологично влияние върху Земята и нейните обитатели (1), и освен това са едно от най-атрактивните явления, които можем да наблюдаваме.

Цел и задачи

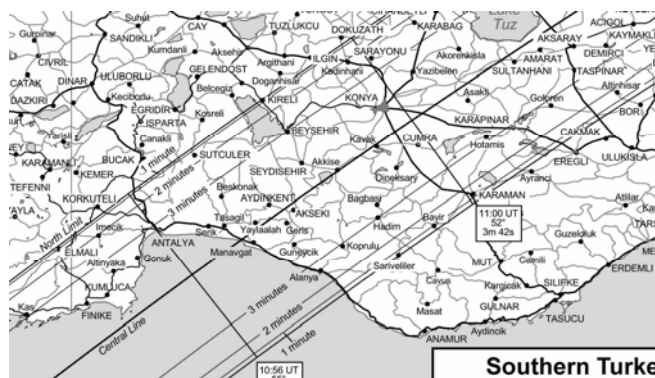
Фотографските наблюдения по време на слънчеви затъмнения са основния начин за изследване процесите протичащи по време на затъмнението. Основната ни цел беше да се заснемат протуберанси по лимба на Слънцето, да се фотографира слънчевата корона и "Броелицата на Бейли", визуално да се наблюдават "Бягащи сенки" и да се направят любителски фотографии на Слънцето с други обекти от пейзажа.

Слънчевото затъмнение на 11.08.1999 г.

Ивицата мрак се разпростира върху североизточна България на 11 Август 1999 г. за около 2 часа. През 1999 г. затъмнението беше сравнително кратко, като през пълната си беше около 2 минути и 27 секунди. Наблюдението на слънчевото затъмнение извършихме в гр. Генерал Тошево, Добричко. Централната ивица на сянката навлезе в България в 14:09 местно време близо до град Силистра и напусна страната ни близо до Шабла в 14:12.3 часа (фиг. 1.)



Фиг. 1. Линията на тоталитета, минаваща през България (11.08.1999 г.) (3)



Фиг. 2. Линията на тоталитета, минаваща през южна Турция (29.03.2006 г.) (3).

Слънчевото затъмнение на 29.03.2006 г.

Пълно затъмнение се наблюдаваше от най-източните части на Южна Америка, централна Африка, Мала Азия, Кавказ, Средна Азия и Южната част на Сибир (2). Наблюдението на слънчевото затъмнение извършихме в гр. Серик, Южна Турция. Затъмнението за тази географска ширина започна от 12.38.11 ч. и завърши в 15.13.19 ч. (всички фази).

Материал и методи

Телескоп. Модел: Konuspace 500, Телескоп Нютон, Рефлектор, F= 500 mm, D= 114 mm, светлосила 4.3

Филтър. Използваният и за двете затъмнения филтър е неутрален тип Mylar. За разлика от плътните SFO-филтри, при които заснетото с тях Слънце има жълто - оранжев цвят, филтрите Mylar са по-прозрачни и Слънцето върху снимката е синкаво (4).

Фотоапарат, филм и експонационно време. Бяха направени 36 снимки с фотоапарат "Практика", закачен към телескопа с конвертор и сложен във фокалната равнина на телескопа. Основното изискване беше фотоапаратът да има достатъчно голям набор от скорости, за да могат да бъдат изпълнявани различни задачи. Използваше се стандартен цветен филм с чувствителност от 200 ASA, Кодак, понеже Слънцето е много ярък обект и въпреки филтрите светлината, която достига до негатива е достатъчна.

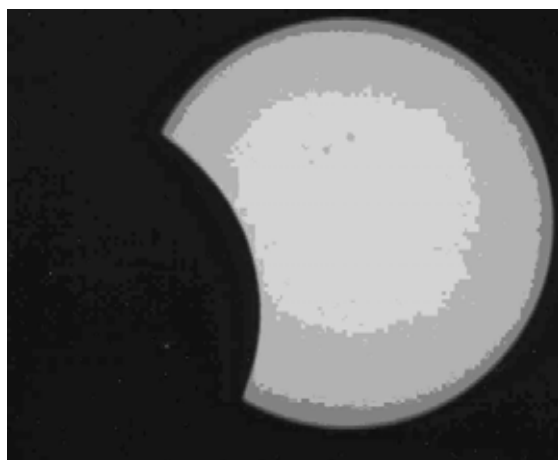
Слънчевите затъмнения бяха заснети с различни скорости, за да се получат поне една или няколко добри снимки. Това се налагаше поради факта, че при фазите на слънчевото затъмнение слънчевият сърп непрекъснато променя големината си.

Скорост	Фаза
1/500	Първи контакт
1/250	1/2 от Слънцето
1/125	1/4 от Слънцето
1/60	1/10 от Слънцето
1/30	Преди тоталитета
1/1000	Пълна фаза
1/500	Пълна фаза
1/250	Пълна фаза
1/125	Пълна фаза
1/60	Пълна фаза
1/30	Пълна фаза

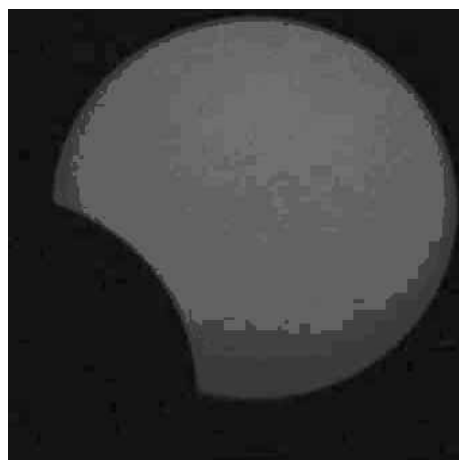
Табл. 1. Скорости при заснемането на фазите при слънчевите затъмнения

Резултати

Постепенно затъмнената част се увеличаваше и Слънцето заприлича на изтъняващ сърп. Дневната светлина стана слаба. Температурата се понижи с 6 °C градуса.



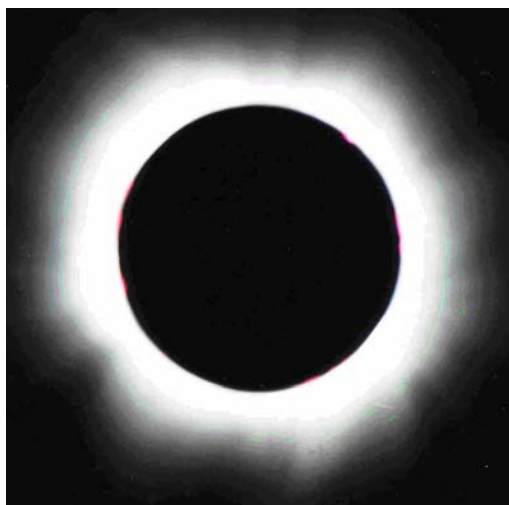
Сн. 1. Изтъняващ сърп на Слънцето - (11.08.1999 г.)



Сн. 2. Изтъняващ сърп на Слънцето (29.03.2006 г.)

За разлика от слънчевото затъмнение на 11.08.1999 г, когато Слънцето беше в своя максимум на активността си, сега беше в своя минимум и е трудно от получените снимки да се отделят области, в които се наблюдават протуберанси.

Слънчева корона. Слънчевата корона е почти кръгла, което се дължи на слънчевия минимум, като цветът и е сребристо бял. Когато Слънцето е в своя максимум короната е силно разтеглена по протежение на слънчевия екватор и могат да се видят отделни лъчи.



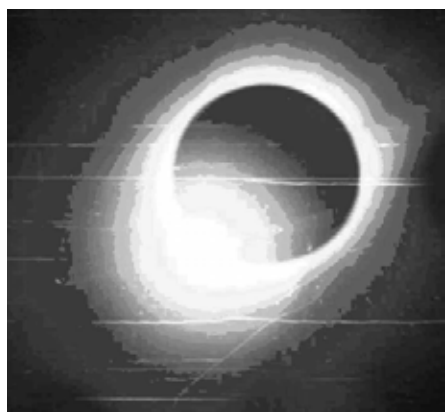
Сн. 3. Слънчева корона (11.08.1999 г.)



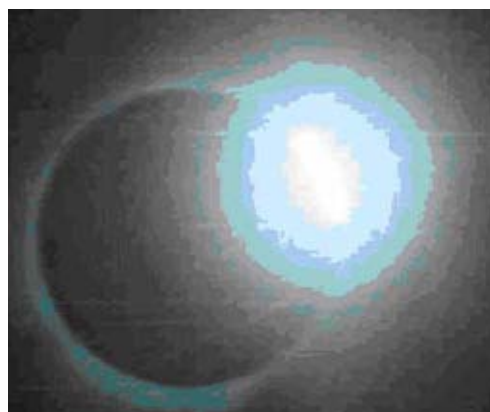
Сн. 4. Слънчева корона (29.03.2006 г.)

Бягащи сенки. Бягащите сенки се наблюдават непосредствено преди и след пълната фаза. Счита се, че те са ефект от турбулентните потоци на плътността в земната атмосфера, които водят до фокусиране и разфокусиране на слънчевите лъчи. Фотографското им заснемане е много трудно, но визуално те се наблюдаваха много добре.

"Броеницата на Бейли". Тя настъпи няколко секунди преди и след пълната фаза на затъмнението. Дължи се на кратерите по лимба на Луната.

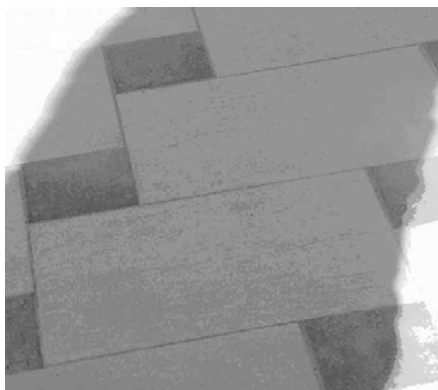


Сн. 5. Броеница на Бейли (11.08.1999 г.)



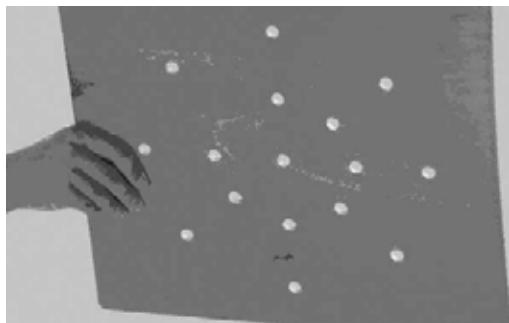
Сн. 6. Броеница на Бейли (29.03.2006 г.)

Сянка на земните предмети. Тъй като светещият сърп постепенно намалява, сенките стават резки (без полусянка). Предметите, поставени успоредно на слънчевия сърп имат изключително рязка сянка, при други пространствени разположения, сянката е асиметрична. Това се получава поради по-малките ъглови размери на откритите части на Слънцето.



Сн. 7. Сянка на земен предмет (29.03.2006 г.)

Сърпчета. Хилядите малки сърпчета се наблюдават благодарение на малките дупчици по и между листата, играещи ролята на камера-обскура.



Сн. 8. Дъска с кръгли отвори, пропускаща слънчева светлина по време на частичната фаза (29.03.2006 г.)



Сн. 9. Сърпчета, наблюдавани от пропускаща слънчева светлина дъска с кръгли отвори (29.03.2006 г.)

Небесни тела. Небесните тела, които се видяха по време на пълната фаза на затъмненията бяха Венера и Меркурий.

Изводи

Направените снимки на слънчевите затъмнения на 11.08.1999 г. и на 29.03.2006 г. показват, че Слънчевата корона на 29.03.2006 г. е почти кръгла, което се дължи на слънчевия минимум, като цветът и е сребристо бял (снимка 3). През 11.08.1999 г. Слънцето беше в своя максимум и короната беше силно разтеглена по протежение на слънчевия екватор и могат да се видят отделни лъчи (снимка 4.)

Заклучение

Получихме 72 снимки с експозиции, вариращи от 1/30 до 1/1000 секунди, заснемайки фазите на двете слънчеви затъмнения, "Броеница на Бейли" и "сърпчета", наблюдения на "Бягащи сенки" и на планети, видими при пълната фаза на слънчевото затъмнение, както и много любителски фотографии.

Литература

1. bg.wikipedia.org/wiki/
2. bgastronomy.com/index.asp?ID=362&Cat=16
3. sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/SEmono/TSE2006/TSE2006fig/TSE2006-fig13b.GIF
4. Кокотанекова Й., Д. Кокотанеков. "Пълното слънчево затъмнение на 11.08.1999 – Какво и как да наблюдаваме", Хасково, 1999

ТВОРЧЕСКИЯТ ПЪТ НА ИЗВЕСТНИ БЪЛГАРСКИ АВИОИНЖЕНЕРИ КАТО ЕЛЕМЕНТ В ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ В 7. И 8. КЛАС

Милен Замфиров, Петър Гецов

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките

Milen Zamforov, Petar Getsov

*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: dacs_sri@abv.bg*

Key words: *Bulgarian aeroengineers, nature sciences, information.*

Abstract: *During the recent years, the interest in nature sciences and particularly in Physics in Bulgaria and abroad is decreasing. One opportunity to provoke interest in Physics is to provide more information to young people in nature sciences and more information about the professional and creative life of famous Bulgarian aeroengineers.*

Увод

През последните години интересът към природните науки и в частност към физиката както в България, така и в международен мащаб подчертано бележи спад. Не случайно Европейският съюз организира за пета поредна година международната образователна програма Science on Stage (през първите три години - Physics on Stage), чиято основна цел е да се предизвика и поддържа интерес на младите хора към природните науки. За постигане на тази цел се използва различен инструментариум. Богати и недостатъчно използвани възможности в тази насока съдържа запознаването на учениците с творческия път на бележити български авиоинженери.

Елементи на история на физиката, астрономията и авиоинженерството в обучението по съответните предмети са включени в учебните планове на други страни. Например Република Унгария, която като държава има много прилики с нашата (бивша социалистическа страна, територия 93 хил. км², население 10 млн. жители) [2], в своя Национален учебен план (НУП) [10, 11] е включила на различни места като Изисквания за развитие (съответстващи на българските Държавните образователни изисквания за учебно съдържание) познаване на творчеството на редица унгарски учени като Лоранд Йотвьош, Аньош Йедлик, Калман Кандо, Микша Дери, Ото Титус Блати и др.

Това ни мотивира да предложим един нов елемент в обучението, който би провокирал и затвърдил интереса на учениците в културнообразователната област на природните науки, и в частност по физика: включването на исторически сведения в урочната дейност, чрез запознаване с живота и научната дейност на известни български авиоинженери. Това би позволило на учениците да изградят представа за някои научни методи на изследване, да разберат връзката между физиката и прогреса. Чрез прилагането на подобен исторически подход в обучението подрастващите се биха се убедили, че знанията по физика са приложими за решаване на разнообразни научни задачи и че тези знания могат успешно да се използват в практиката. Така придобитите физични знания биха разкрили пред учениците нови области в човешката дейност, които след време биха могли да ги ориентират към професии, свързани с нови области на физиката, техниката, медицината, информационните технологии.

За съжаление както в учебните програми за 5. и 6. клас по човек и природа и учебниците по природознание, така и в новите учебни програми за 7. и 8. клас по физика и астрономия [9] и учебници по физика много малко или изобщо не съществуват подобни историко - биографични елементи на български авиоинженери.

Информацията в таблицата за приноса на българските учени може да бъде използвана като основа в различни форми на урочна и извън-урочна работа – разнообразяване на съдържанието на уроци за нови знания, обобщителни уроци, изнасяне на доклади от ученици за живота и творчеството на български учени и тяхните открития, реферативни работи, вечери и фестивали на физиката и др. По преценка на преподавателя може да се възложи на желаещ ученик да разкаже по-подробно за живота и творчеството на учения и неговото откритие. Но наред с това важен елемент на

преподавателя по физика и астрономия е внимателното и прецизно поднасяне на допълнителната информация, за да не се стига до преувеличаване и изкривяване на достоверността на фактите и така да се създадат по-скоро вредни митове, отколкото полезно чувство за национално достойнство. Например към бележката за инж. Асен Йорданов, наред с изброяването на историческите факти около неговата личност (роден в София, взима участие в Балканската и Първата световна война, емигрира в САЩ, става почетен гражданин на Ню Йорк. Негов портрет е поставен в залата за славата на нюйоркското летище Ла Гуардия (La Guardia) наред с портретите на други известни личности в авиацията. До последните си дни той настоява на табелката на неговия дом да пише: "Асен Йорданов - Български авиатор", както и че в софийския район Искър един булевард е кръстен на бележития летец и авиоконструктор Йорданов), същевременно е добре и да се отбележи, че инж. А. Йорданов участва в разработките на американски самолети, но не и че е създал американската гражданска авиация. Това внимателно боравене с легендите, създадени около известни хора, с пълна сила важи и за останалите българи, работили в САЩ (Петър Петров, Иван Ночев), за които ние знаем малко и е напълно възможно залитане от едната крайност (отричане) до другата (възхваляване).

Авторите са убедени, че използването на подобни исторически факти в обучението може значително да повиши интереса учениците към природните науки. Освен това животът на бележитите личности е пример за младите хора, които се стремят да се докажат и да постигнат успехи в своя живот

По - долу са представени имената на известни български авиоинженери, някои от значимите им научни хипотези и открития и възможностите за включването им в разработката на уроците към ядрата и темите ядрата на новите учебни програми на новите учебни програми по Физика и Астрономия.

Инж. Асен Йорданов

Апарат "Джордафон"

Апаратът "Джордафон" е предвестник на днешния телефонен секретар, който освен това дава и възможност няколко души едновременно да разговарят помежду си. Устройството официално е патентовано като „Кутия с апаратура за приемане и предаване на звук“, към което е добавена „Телефонна система за автоматично отговаряне, записване на съобщения и на обикновени разговори“. Всичко това се появява 5 години преди магнетофона и 30 години преди телефонния секретар да навлезат в широка употреба [8].

7 клас. Физика и астрономия. 1 ядро. Електричество. Тема 3. Електрична енергия.

Инж. Петър Петров

Първият електронен часовник.

Инж. Петър Петров основава през 1968 г. фирмата "Care Electrics", която разработва безжични монитори за наблюдение на сърцето в болнични условия. Предприятието прераства в "Electro Data" и създава прототипа на цифровия електронен ръчен часовник. Той е пуснат на пазара през 1971 г. с марката "Пулсар"(Pulsar). Един от първите модели все още е на изложение в Смитсоновия институт [15].

7 клас. Физика и астрономия. 2 ядро. Светлина. Тема 8. Оптични уреди.

Инж. Петър Петров

Първият безжичен сърдечен монитор.

Инж. Петър Петров използва познанията си от технологичните проекти на NASA за разработката на първия в света безжичен сърдечен монитор, като освен това го прави приложим в болнични условия [6].

7 клас. Физика и астрономия. 2 ядро. Светлина. Тема 8. Оптични уреди.

Инж. Петър Петров

Компютъризирана апаратура за измерване на замърсявания.

През 1975 г., инж. П. Петров заедно със сина си основава ADS Enviromental Services, производител на компютъризирана апаратура за измерване на замърсявания. Проектът за такава апаратура е бил продиктуван от необходимостта за множество измервания на нивата на различни замърсители във водоемите на големите градове - процес отнемал дни и човешки ресурси. Компанията е започнала в гаража на Петър Петров с първоначална инвестиция на семейните спестявания 13 000 USD, но по - късно се превръща в гигант с многомилionen годишен оборот [6]. 7 клас. Физика и астрономия. 2 ядро. Светлина. Тема 8. Оптични уреди.

Инж. Асен Йорданов

Първи български моторен самолет

Асен Йорданов конструира първия български моторен самолет, който след тестовете на 15 август 1915 г. е записан като изобретение [8].

8 клас. Физика и астрономия. 1. ядро. Движение и сили. Тема 1. Механично движение.

Проф. Цветан Лазаров

Първи български авиоинженер

Професор инж. Цветан Лазаров е първият български авиоинженер и единственият българин със собствена серия от конструирани самолети – “Лаз”. През 1930 г. инж. Цветан Лазаров замисля своя първи самолет - двуместен учебен самолет “ДАР-6” (“Лаз - 1”). Неговият първи полет е на 19 януари 1932 година. Независимо, че самолетът е построен при сериозни ограничения този самолет има технически и летателни данни, съпоставими с подобни английски и германски конструкции [3]. През 1938 г. инж. Лазаров завършва разработка на боен разузнавателен самолет “ДАР 10 А - “Лаз - 3”. Получените резултати от изпитанията (през 1939 г. В Полския въздухоплавателен институт - Варшава) на този самолет показват, че той е превъзхождал по постижения и качества най-модерните тогава подобни самолети. През 1946 г. инж. Лазаров конструира самолета Лаз-7, който е произвеждан серийно за нуждите на въздушни войски и за обучение на летци, а през 1948 г. - първия български пътнически самолет Лаз-8. Това е лек, високоманеврен самолет, разработен на базата на Лаз- 7 [3]. Използван е за известно време от правителството. Последните конструкции на проф. Лазаров - Лаз - 9 (двуместен тренировъчен самолет), Лаз -10 - Х (лек двуместен хеликоптер), Лаз - 11 (санитарен вариант на Лаз-8), Лаз - 12 (едноместен скоростен тренировъчен самолет), не са реализирани, поради решението на Съвета за икономическа помощ от края на 1954 г. да се прекрати самолетостроенето в България, Унгария и Румъния, а да се стимулира неговото развитие в Чехословакия, Полша и Югославия [4].

8 клас. Физика и астрономия. 1. ядро. Движение и сили. Тема 1. Механично движение.

Инж. Асен Йорданов

Разработка и съставяне на документация и инструкции за поддържане и пилотиране на известни самолети

Инж. Асен Йорданов има дял в конструирането на самолети като [1]: P-38 (Lockheed P-38 Lightning) - многоцелеви самолет, използван по време на Втората световна война като високоскоростен и височинен изстребител, ескортен изстребител с голям обхват на действие и разузнавателен самолет, от които са построени около 10 000; P-40 (Curtiss P-40 Warhawk) - основният изстребител на Америка, когато започва Втората световна война. P-40 пръв се сблъсква с японските самолети по време на атаката на Пърл Харбър;

Летящата крепост B-17 (B-17 Flying Fortress) и Суперкрепостта B-29 (B-29 Super Fortress) - на Боинг - най-добрите стратегически бомбардировачи през Втората световна война, които имат съществен принос за победата над Германия и Япония. Построени са повече от 12 000 B-17 и около 4 000 B-29; Бомбардировачите B-24 (B-24 Consolidated B-24 Liberator) - построени 19 256 броя и B-25 (North American B-25 Mitchell) - построени около 10 000 броя, които също изиграват съществена роля през Втората световна война;

DC-3/C-47 (Douglas DC - 3/C-47 Dakota) - един от първите авиолайнери, но също така и многоцелеви самолет, основен въздушен транспорт за съюзниците през Втората световна война. Построени са повече от 13 000 [8].

8 клас. Физика и астрономия. 1. ядро. Движение и сили. Тема 1. Механично движение.

Инж. Асен Йорданов

Стратопорт

През 1956 г. Асен Йорданов създава специална компания - Корпорацията Стратопорт (The Stratoport Corporation of America). Тя е собственик на патент за летище с две едноръчни, непресичащи се писти с издигнати краища, предназначени на убиват скоростта на кацащите самолети и да помагат на излитащите. Пистите са оградени с високи перфорирани огради, които да намаляват скоростта на страничния вятър. Очаква се те да намаляват и шума, също както и издигнатите краища на пистите да намалят дължината им и общата заемана от тях площ. Този подход днес се използва при някои по - малки самолетопосадки [1].

8 клас. Физика и астрономия. 1. ядро. Движение и сили. Тема 1. Механично движение.

Д-р инж. Иван Ночев

Реактивни двигатели на модула “Орел”

На 16 юли 1969 г. от космодрума “Кенеди” на полуостров Кейп Канаверал във Флорида стартира американският космически кораб “Аполо 11” с тримата астронавти Нийл Армстронг, Майкъл Колинс и

Едуин Олдрин на борда. След 76-часов полет той навлиза в окололунна орбита [7]. Тук Колинс остава на борда на кораба, а Армстронг и Олдрин преминават в лунния модул "Орел", който се отделя от основния блок и в 22 часа и 17 минути българско време двамата астронавти прилунават благополучно модула в Морето на спокойствието. След неколкочасова почивка, на 21 юли (20 юли по американско време.) Армстронг отваря люка и в 4.56 часа стъпва на лунната повърхност. На 21 юли в 19.54 часа четирите стоманени болта, свързващи двете части на лунния модул, се взривяват, като едната част остава на Луната, а другата с двамата изследователи, с помощта на ракетен двигател се издига и се скача с "Аполо 11", който поема обратно към Земята. Човечеството със затаен дъх проследява тази лунна одисея. По-късно към Луната летят още пет космически експедиции. За този човешки триумф има принос и българинът Иван (Джон) Стефанов Ночев. С изобретения от него уникални реактивни двигатели той осигурява плавното кацане на модула "Орел" с космонавтите на Луната, а след това успешното им завръщане и скачване с очакващия ги в окололунна орбита космически кораб [5]. 8 клас. Физика и астрономия. 1. ядро. Движение и сили. Тема 1. Механично движение.

Литература

1. Антонов, П. А. Йорданов - човекът, който допринесе за въздушната мощ на Америка, [http://www.pantonov.com/index.htm?http %3A //www.pantonov.com/thoughts/assen_jordanoff.php](http://www.pantonov.com/index.htm?http%3A%2F%2Fwww.pantonov.com%2Fthoughts%2Fassen_jordanoff.php)
2. Динев, Д., 2004, Научните изследвания в Унгария след 1989 г. Сп. "Светът на физиката", кн. 2.
3. Костов, К., 2006, Професор Цветан Лазаров. Символът на българското самолетостроене. Библиотека Техническа мисъл, кн. 1
4. Костов, К., 2005, 90 години българско самолетостроене. Библиотека Техническа мисъл, кн. 2, 2005 г.
5. Момчилов, К. Трима американски президенти до ковчега на българина Иван Ночев (свалено от <http://www.duma.bg/2006/0406/080406/obshtestvo/ob-6.html>)
6. Момчилов, К. Пътят на Петър Петров от яхтата "Джемини" до космическия кораб "Джемини" (свалено от <http://www.duma.bg/2006/0406/080406/obshtestvo/ob-6.html>)
7. Стаменов, М. Джон Ночев - българинът с принос за полета до Луната, [http://www.segabg.com/online/article.asp?issueid =1462§ionid=7&id=00011](http://www.segabg.com/online/article.asp?issueid=1462§ionid=7&id=00011)
8. Стоянов - К. Океа. Българският авиоконструктор Асен Йорданов - гордостта на американското самолетостроене. Електронно списание LiterNet, 26.07.2003, № 7 (44), <http://litenet.bg/publish/okela/ajordanov.htm>
9. Учебни програми V част за V, VI, VII и VIII клас., 2004, Културнообразователна област: Природни науки и екология. МОН.
10. A Guide to the Hungarian National Core Curriculum., 1996, Ministry of Culture and Education. Budapest
11. Eltrő tantervek a súlyos fokban hallássérült (siket).,2003, Tantulókát oktató iskolák számára. Angol nyelv 5-10

РАЗКАЗ ЗА ПРОФ. БОРИС СТОЙЧЕВ - ЖИВОТ, ОТДАДЕН НА НАУКАТА

Милен Замфиров, Петър Гецов

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: dacs_sri@abv.bg*

Key words: Prof. Boris Stoychev, spectroscopy, Physics

Abstract: *My desire to present Prof. Boris Stoychev was provoked by his origin and by his remarkable results in the field of laser spectroscopy. In the correspondence between me and Prof. Stoychev he emphasized on the fact that though in Canada for more than 75 years already and being a Canadian citizen he did not forget his origin. He made no research concerning his Bulgarian roots.*

Увод

Желанието ми за представянето на проф. Борис Стойчев беше провокирано от една страна от неговия произход, а от друга от неговите забележими резултати в областта на лазерната спектроскопия. Но все пак си признавам, че историята за неговия произход ме привлече повече. В кореспонденцията ни проф. Борис Стойчев подчертаваше, че живее повече от 75 години в Канада и е канадски гражданин, но не е забравил своя произход. Наред с това, обаче, не е проучвал дали коренът му е български. В интерес на истината проф. Стойчев ми писа, че през 70-те и 80-те години на миналия век българският консул в Канада го е канил в България, но той не е успял да дойде.

И така, кой е проф. Борис Стойчев?



Сн. 1.

Борис Стойчев е роден на 1 юни, 1924 г. в Битоля, Македония. Баща му Петър Стойчев е роден в с. Баница, което в 19 век е голямо чисто българско село. Според статистиката на Васил Кънчов [1] през 1900 г. то е екзархийско чифлишко село с 1 650 жители българи. Трябва да уточним, че по онова време за българското население в турските предели от голямо значение е екзархията, т.е. приемането на българската църква. Екзархист е било равносилно на това да се признаеш за българин, а патриархист - за грък или за сърбин. Изобщо пропагандната война в края на XIX и началото на XX век става причина в Македония да се появят българофили, гъркомани, сърбомани, екзархисти, патриаршисти, католици, униати, протестанти и т. н., което поражда народностни и религиозни противоречия. В името на историческата правда, трябва да поясним, че баничани участват активно в съпротивата на ВМОРО срещу османската власт. Първият комитет в селото е основан в края на 90-те години на 19 век от Георги Попхристов и Даме Груев. Майката на Б. Стойчев Василка е родена в Магарево, което е влашко село, близо до Битоля [2].

Когато Борис е на пет години баща му емигрира в Канада, където работи в железницата, както и в различни ресторанти. След пет години, през 1929 година, той приютява при себе си семейството си, което се устроява в Торонто. Там Борис играел футбол, участвал в продължителни обиколки с колела и бягане на дълги разстояния.



Сн. 2. През 1943 г. на обиколка с велосипед в Онтарио [по 3].

Окуражен от учители и приятели, развил и интерес към математиката, което го накарало да запише инженерство и физика, една от най-престижните програми в Университета в Торонто. През 1947 г. Борис Стойчев става бакалавър по инженерна физика със специалност рентген и спектроскопия и приел предложението за работа в местна фирма за електроника. Работата обаче се оказала скучна и той записал магистратура по теоретична физика. През 1948 г. Проф. Стойчев решава да се заеме с докторантура по експериментална физика [3]. Следвоенното време било вълнуващо в научните среди. Появили се нови уреди като например фотоумножители и инфрачервени детектори, първоначално разработени за нуждите на войната, но вече използвани и в научните среди. Борис започнал изследвания по спектри на Раман на въглеродния двуокис. В този период срещнал и Арт Шавлов (Нобелова награда през 1981 г.), който завършил докторантурата си през 1949 г.

Борис Стойчев завършва докторантурата си през 1950 г. и с помощта на стипендията "Гилкрист" остава още една година в Торонто, за да провежда експерименти по Раманово разсейване на газове под ниско налягане. Един от големите му успехи е получаването на първия спектър на Раман с висока разделителна способност на метана. Тези експерименти, осъществени с новите живачни лампи с висока интензивност, положили основата за плодотворна изследователска програма. Един ден Борис посетил семинар на Герхард Херцберг (Нобелова награда през 1971 г. за химия) от Националния изследователски съвет (НИС) на тема квадруполен спектър на водорода и отношението му към откриването на този газ в планетарните атмосфери. Материалът и вълнуващият начин, по който бил представен, направили толкова голямо впечатление на Борис, че той отменил плановете си да учи в Европа и решил да получи място при Херцберг в Отава. Самият Херцберг бил щастлив да приеме такъв ентузиазирани млад човек. По това време спектроскопската лаборатория на НИС била управлявана от д-р Херцберг, който обаче предоставял пълна свобода на колегите си. Борис Стойчев предложил проекти със спектроскопия на Раман, които не се вписвали в започнатите изследвания, но все пак получил позволение да започне експериментите си [3].

Със своите технически нововъведения при живачните лампи с висок интензитет и с многоходовите оптични кювети (multipass optical cells), Борис Стойчев получава едни от най-добрите Раман спектри с висока разделителна способност в света. През 50-те години Борис Стойчев продължава да впечатлява света на спектроскопията със своите невероятно детайлни спектри и с изчислените молекулярни параметри на повече от 20 неполярни молекули – молекули, недостъпни за установените техники на инфрачервена и микровълнова абсорбция. Стандартите му са високи – по неговите думи една публикация не трябва да бъде заместена от друга с по-висока точност или качество поне през следващите 10 години [3].



Сн. 3. Със сина си Ричард Питър, сега професор по английска литература в университета в провинция Саскачеван в Саскатуун и съпругата си Лилиан Джоан Амбридж (1957 г.) [по 3]

В края на 50^{те} Борис започва да се интересува от разсейване на Брилюен, опитвайки се да използва своите мощни оптични източници, за да получи някои от първите спектри на Брилюен на твърди вещества. Когато, през 1958 г, научава за известното предложение на Таунс и Шавалов за "оптичен мазер", той разбира, че такъв източник би бил идеален за провеждане на спектроскопия на Брилюен. Той и Гари Хейнс започват да разработват лазер, базиран на оптичното напompване на живак. Въпреки че почти достигат до границата на принудено излъчване, е било невъзможно да получат положителен резултат. Независимо от това, след основополагащото съобщение на Тед Мейман от 1960 г. за конструирането на рубинен лазер, Борис Стойчев построява първия твърдотелен лазер на рубин в Канада и започва да го използва [3].

Изобретяването на лазера променя оптичната физика и служи за основа на втория и по-дълъг период от изследователската кариера на Б. Стойчев. Въпреки че той и неговия колега Алекс Сзабо извършват собствени изследвания върху лазерите, бързо става ясно, че е трудно да се съревновават с големите индустриални лаборатории, тъй като техните ресурси са огромни. Поради тази причина Б. Стойчев решава да се фокусира върху използването на лазери в спектроскопията. През 1963 г. Херцберг го насърчава да си вземе една година творчески отпуск и Б. Стойчев избира да работи с Чарлз Таунс в Масачузетския Технологичен Институт (MIT). Оказва се, че "Чарли" е достигнал до същото заключение като Борис относно използването на лазери в изследователската дейност вместо конструирането на нови и също се интересува от спектроскопия на Брилюен. Времето прекарано в MIT се оказва плодотворно, особено защото Борис има възможност да работи с прекрасните докторанти на Таунс - Рей Чао и Елза Гармайер върху симулирано разсейване на Раман и Брилюен на твърди тела и реални спектри на Брилюен на течности.

Борис Стойчев се връща в Университета на Торонто като щатен професор през 1964 г. Работата върху стимулирано разсейване на Раман и Брилюен на течности и, на по-късен етап, твърди състояния на редки газове, формират основата на плодотворна изследователска програма.

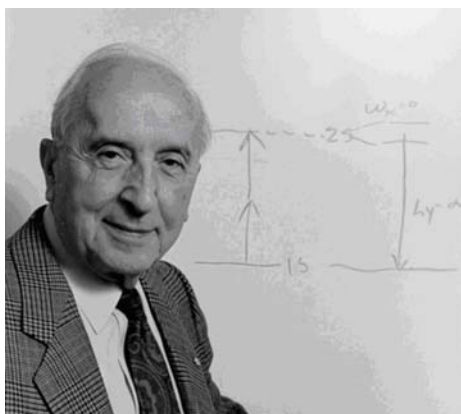
В края на 70-те Б. Стойчев започва изследвания на спектри на Ридберг на алкални атоми, използвайки двуфотонна спектроскопска техника. Тази му работа поставя основата на по - късната употреба на кохерентна спектроскопия за проектиране на вълнови пакети на атоми. През 80-те започва да разработва пренастройваеми източници във вакуумната ултравиолетова област (дължини на вълната, достигащи до 80 nm), използвайки четирифотонно смесване в газове. Тази техника позволява на него и студентите му да получат едни от най-добрите спектри с висока разделителна способност на димери на редки газове.



Сн. 4. Гост – лектор на конференция, посветена на Нобеловия лауреат Герхард Херцберг

Заслугите на Борис Стойчев довеждат до привличането му в много университетски, канадски и международни комисии и до ръководни изпълнителни длъжности в много организации, като съвета на Националния съвет за проучванията, Съвета за квантова електроника, Съвета на професионалните инженери на Онтарио, Комитета на Онтарио за преглед на ядрената безопасност, Кралското общество на Канада, и Канадския институт за перспективни изследвания. През 1976 г. става и председател на Американското Общество на Оптиците (първият неамерикански председател на това международно общество), а през 1984 г. е председател и на Канадската Асоциация на Физиците, както и основател и изпълнителен директор на „Фотонни проучвания“ – Онтарио (Център за високо академично качество в Онтарио). През 1977 - 1980 г. и 1981 - 1983 г. е председател на Националния съвет за проучванията на Канада, през 1986 - 1992 е председател на Асоциацията на професионалните инженери в Онтарио. Проф. Борис Стойчев има роля в основаването на Lumonics, канадска компания за лазери, която в един период е трета по големина в света.

Въпреки всичко това истинската му гордост са студентите и докторантите, които са следвали под негово ръководство. Той е бил ръководил на 24 докторски дисертации и 22 магистърски работи.



Сн. 5. Проф. Борис Стойчев – 1999 г. [по 3]

Награди

Борис Стойчев е получил много отличия за своите изследвания (публикациите му в научни списания са над 200):

- Аспирант на Кралското Общество на Канада (FRSC), Кралското Лондонско Общество (FRS), Обществото на оптиците в Америка, Американското общество на физиците. Чуждестранен почетен аспирант на Индийската Академия на Науките, Македонската Академия на Науките и Изкуствата и Американската Академия на Изкуствата и Науките.
- Почетни степени: Доктор на Науките при Университета в Скопие, Университета в Йорк, Уиндзорския Университет и Университета в Торонто.
- Председател на Обществото на оптиците в Америка през 1976 г. (първият неамериканец на този пост).
- Председател на Канадската Асоциация на Физиците през 1983-84 г.
- Определен за председател на Националния съвет за проучванията на Канада през 1977-80 г. и 1981-83 г.
- Определен за председател на Асоциацията на професионалните инженери в Онтарио през 1986-92 г.
- Провъзгласен за кавалер на Ордена на Канада през 1982 г.
- Награден с Канадския медал на столетието през 1967 г.
- Награден със стипендията в памет на Айзък Уолтър Килъм за 1977-79 г.
- Награден с медала на Фредерик Ив и наградата на Уилям Ф. Мегърс на Обществото на оптиците в Америка.
- Награден със златен медал за постижения във физиката от Канадската Асоциация на физиците.
- Награден с медала на Хенри Маршал Тори от Кралското общество на Канада.
- Аспирант на Джефри Фрю в Австралийската Академия на Науките през 1980 г.
- Изнасял е лекции на тема Уолтър И. Каскън в Щатския Университет Ню Йорк през 1980 г., на тема Х. Л. Уелш в Университета в Торонто през 1984 г. и в памет на Елизабет Леирд в Университета в Западно Онтарио през 1985 г.
- Научен сътрудник на Японското Общество за насърчаване на науките през 1986 г.

- Член на Hall of Distinction на Асоциацията на инженерите възпитаници на Университета в Торонто през 1988 г.
- Изнася лекции на тема Ръдърфорд в Обединеното кралство и Канада пред Кралските общества на Лондон и Канада през 1989 г.
- Почетен гостуващ професор в Училището за Оптика към Центъра за проучвания и обучение в областта на оптиката и лазерите (CREOL) към Университета в Централна Флорида през 2000 г.
- Награден с медал за 50тия юбилей на Кралица Елизабет (Awarded Queen Elizabeth 50th Anniversary Medal) през 2002 г.
- Получава наградата за особени заслуги на Обществото на оптиците в Америка през 2002 г.

Заклучение

Хобитата на Борис Стойчев през годините включват пътувания с жена му Джоан и посещения на местните художествени галерии - впечатлен е от начина, по който известните художници представят светлината, като се започне от италианските майстори Караваджо и Да Винчи. Успял е да възхити мнозина учени и обикновени хора с колекцията си от диапозитиви на картини и с уникалната си гледна точка по отношение на начина, по който светлината бива разбирана и използвана от художника. Запален читател и като човек, който винаги се е интересувал от хората, четенето на биографии му е любимият начин за прекарване на времето. През последните няколко години комбинира своята любов към биографията и доживотното си уважение към своя настойник в NRC, работейки върху биографията на Герхард Херцберг, посочвайки неговата роля в изграждането на силна изследователска школа за фундаментални физични проблеми в Канада, както и се връща към костеливия орех, върху който са мислели и Херцберг, и Уелш – произхода на разпръснатите междузвездни мъглявини.

Литература

1. К ъ н ч о в В. Битолско, Преспа и Охридско. Пътни бележки. (свалено от http://knigite.abv.bg/vk_1/).
2. Р а д е в С. Ранни спомени, (<http://www.slovo.bg/showwork.php3?AuID=101&WorkID=2389&Level=2>).
3. V a n D r i e l, H. M., A. D. M a y. Boris P. Stoicheff: A tribute on the occasion of his 75th birthday, (свалено от pubs.nrc-cnrc.gc.ca/rp/rppdf/cjp05-06tribute.pdf).

Единственото издание у нас, в което можете да намерите оригинални научни и приложни материали в областта на АВИАЦИОННАТА И КОСМИЧЕСКАТА НАУКА И ПРАКТИКА, е тематичната поредица



издание на
ИНСТИТУТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ – БАН
София 1000, ул. „Московска“ № 6
тел.: (+359 2) 988 35 03, (+359 2) 979 33 51, факс: (+359 2) 981 33 47
e-mail: office@space.bas.bg

Издания на Института за космически изследвания за 2007 година

