

ОЦЕНКА НА КРИТИЧНАТА ИНФРАСТРУКТУРА ОТ ИНДУСТРИАЛНАТА ЗОНА НА ГРАД ДЕВНЯ И НА ЗОНАТА НА АСПАРУХОВИЯ МОСТ НА ГРАД ВАРНА ЧРЕЗ ЛЕТАТЕЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ С БЕЗПИЛОТЕН ЛЕТАТЕЛЕН АПАРАТ

Георги Желев¹, Недко Димитров³, Георги Сотиров¹, Павел Пенев¹, Зоя Хубенова¹,
Константин Методиев¹, Росен Димитров², Андон Андонов², Елена Разказова⁴,
Апостол Апостолов⁴

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

²Военна академия "Георги Стойков Раковски" – София

³Висше военноморско училище "Никола Йонков Вапцаров" – Варна

⁴Институт по инженерна химия – Българска академия на науките
e-mail: gsotirov@space.bas.bg; ppenev@space.bas.bg

Ключови думи: Аеромониторинг, критична инфраструктура, безпилотни летателни апарати, TV-камери, IR-камери, газови анализатори

Резюме: Избран е БЛА със съответни сензори за оценка на критична инфраструктура в района на град Варна. Определени са неговите пространствени и времеви параметри за провеждане на летателен експеримент, включително на маньовъра „галсиране“. Анализирани са синхронни видео и термоизображения на обекти от критичната инфраструктура, както и специализирани измервания с помощта на газ-анализатор. Формулирани са препоръки по тази проблематика.

ASSESSMENT OF CRITICAL INFRASTRUCTURE IN THE INDUSTRIAL ZONE OF THE CITY OF DEVNYA AND THE ASPAROUHOV BRIDGE AREA OF THE CITY OF VARNA THROUGH AN AERIAL EXPERIMENT WITH AN UNMANNED AERIAL VEHICLE AIRCRAFT

Georgi Jelelev¹, Nedko Dimitrov³, Georgi Sotirov¹, Pavel Penev¹, Zoya Hubenova¹,
Konstantin Metodiev¹, Rosen Dimitrov², Andon Andonov², Elena Razkazova⁴,
Apostol Apostolov⁴

¹Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²Georgi Stoykov Rakovski Military Academy – Sofia

³Nikola Yonkov Vaptsarov Naval Academy – Varna

⁴Institute of Chemical Engineering – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg; ppenev@space.bas.bg

Keywords: Aerial monitoring, critical infrastructure, unmanned aerial vehicles, TV cameras, IR cameras, gas analyzers

Abstract: A UAV with appropriate sensors was selected for assessing critical infrastructure in the Varna area. Its spatial and temporal parameters for conducting a flight experiment, including the "gliding" maneuver, were determined. Synchronous video and thermal images of critical infrastructure objects were analyzed, as well as specialized measurements using a gas analyzer. Recommendations on this issue were formulated.

Въведение

Терминът „критична инфраструктура“ (КИ) е въведен в българското законодателство през 2005 г. с приемането на Закона за управление при кризи, а КИ включва обекти с потенциална опасност за персонала и населението. Република България поддържа регистър с обектите от КИ, групирани по сектори. Върху тези сектори с КИ [2] могат да бъдат експонирани преднамерени и непреднамерени заплахи, част от които са природни бедствия и техногенни аварии. Реализирането на този тип заплахи може да окаже физическо разрушително въздействие и косвено разрушително въздействие. В тази връзка своевременното откриване на заплахите и контрола на състоянието на обектите от КИ са особено важни за предотвратяване и борба с последствията от инциденти със сигурността и безопасността. Основен способ за откриването им е добиването на информация чрез мониторинг, наблюдение и регистриране на отклонения на специфични параметри.

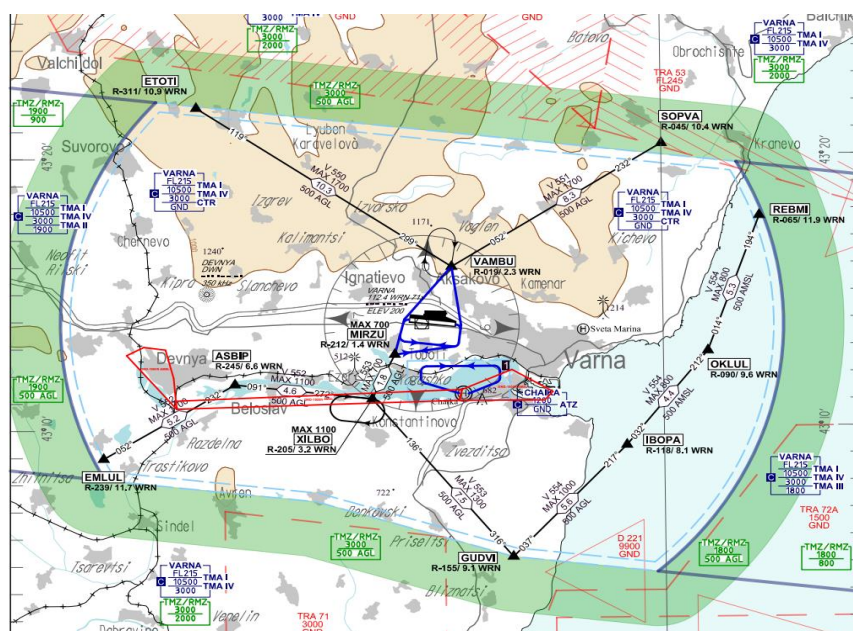
През последните десетилетия на XXI век като особено актуален и ефективен се очертава авиационният мониторинг (аеромониторинг) на природни бедствия и техногенни аварии и катастрофи, въздействащи върху КИ [4], на основата на безпилотни летателни апарати (БЛА). При това аеромониторингът, т. е. въздушното наблюдение и контрол на обекти, явления и процеси, понастоящем е една от основните функции на съвременните БЛА.

През месец октомври 2025 г. екип специалисти от Института за космически изследвания и технологии – БАН (ИКИТ-БАН), Военна академия „Г. С. Раковски“ (ВА „Г. С. Раковски“), Висшето военноморско училище „Н. Й. Вапцаров (ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“) и Института по инженерна химия – БАН (ИИХ-БАН) проведе летателен експеримент в района на гр. Варна, свързан със задача 1.1.6 на Националната научна програма „Сигурост и отбрана“, с използване на БЛА за аеромониторинг и специализирани измервания на обекти от КИ.

В съответствие с Плана за защита при бедствия на област Варна от 2020 г. [3], в който са формулирани 16 заплахи за КИ от различен характер, за провеждане на летателния експеримент с БЛА, чрез експертна оценка бе избран район Варна – индустриалната зона на град Девня и зоната на Аспаруховия мост. Целта на летателния експеримент бе заснемане и специализирани измервания на обекти от КИ на индустриалната зона на град Девня и на зоната на Аспаруховия мост с прилежащия остров, с използване на БЛА тип крило на българската фирма „Фрага Х“, управляван от екип на ВА „Г. С. Раковски“.

Организиране на летателния експеримент, целево оборудване (полезен товар) на БЛА, параметри на въздушното наблюдение и ред за провеждане на полета

Летателният експеримент бе организиран и проведен през месец октомври 2025 г. от горепосочените научни организации, в тясна координация с ДП РВД, летище Варна, ВМС и общинските управи на град Варна и град Девня. При това за изпълнение на полета с БЛА бяха създадени три временни отделени зони, разположени южно от магистралата София – Варна (фиг. 1), обявени с NOTAM.



Фиг. 1. Схема за изпълнение на летателния експеримент с БЛА в района на град Варна

За реализиране на летателния експеримент бе подготвен БЛА тип крило с общо тегло до 25 kg и силова установка, включваща бензинов и електрически двигатели. Този БЛА, развиващ максимална скорост 200 km/h, бе оборудван с три вида полезен товар – съответно TV-камера, IR-камера и газ-анализатор, като резолюцията на видеокамерата (TV-камерата) е 1920/1080 пиксела на кадър, а на инфрачервената камера (IR-камерата) – 640/480 пиксела на кадър. Предназначението на газ-анализатора е регистриране на азотни окиси (фиг. 2).



Фиг. 2. Интегриран полезен товар на БЛА

Бяха обосновани пространствените и времеви параметри на въздушното наблюдение на БЛА, осигуряващи провеждането на летателния експеримент, както следва: площи на обследваните райони на индустриалната зона на град Девня и зоната на Аспаруховия мост съответно 7,2 km² и 1,2 km²; производителност на наблюдението при скорост на БЛА 160 km/h – 2,7 km²/min; дължина на отсечката от „галса“ – 3 km; време на завоя на БЛА на 180° - 30 s; време на облитане на индустриалната зона на град Девня – 9 min 40 s; време на облитане на зоната на Аспаруховия мост – 4 min 15 s. При това следва да се отбележи, че галсът е понятие, възприето в авиацията от корабоплаването [1], като в авиационната област той представлява отсечка от пътната линия на БЛА от завой до завой с променлив курс между завоите. При това галсовете е прието да се номерират – първи, втори и т. н.

В град Варна във ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ участниците в летателния експеримент (от ИКИТ-БАН, ВА „Г. С. Раковски“, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ и ИИХ-БАН), в присъствието на представители на община Варна и община Девня, бе проведен координационен брифинг.

На следващия ден в авиобаза „Чайка“ на ВМС на една от стоянките на вертолетите бе извършено сглобяване на БЛА и техническа предполетна подготовка за проверка на функционирането на системите му, включително на сензорната апаратура, както и проверка на електромагнитната съвместимост.

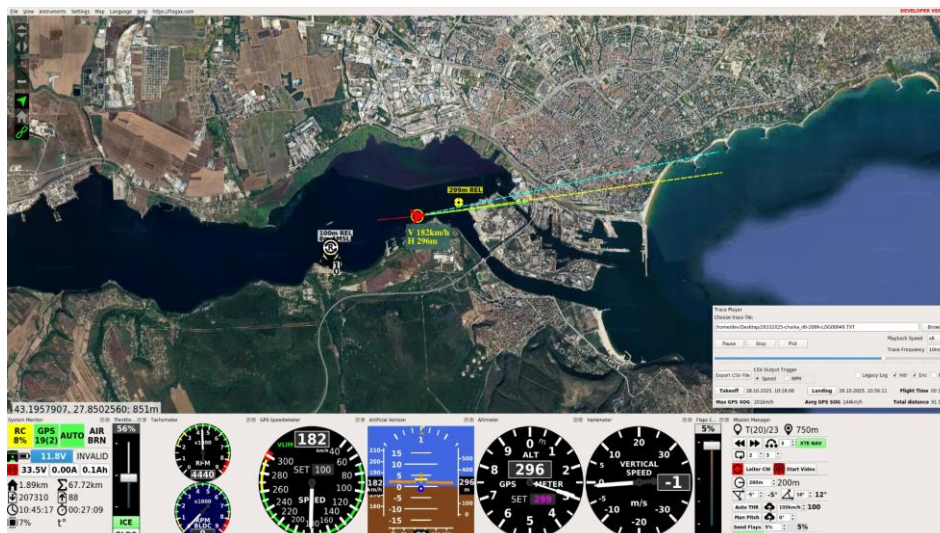
Координирано с ДП РВД и летище Варна, при усложнена метеорологична обстановка (пулсиращ вятър до 22 m/s с посока Запад-Изток), бе извършено излитане на БЛА от стоянка на авиобаза „Чайка“, с последващ набор на височина 300 m над прилежащото Варненско езеро. Съгласно шурманския план на полета (отделно представен на ДП РВД и летище Варна) БЛА се насочи към индустриалната зона на град Девня, разположена южно от магистралата София – Варна, където се намират содовия завод „Солвей соди“, химическият завод „Агрополихим“, пристанище „Варна-Запад“ и други обекти от КИ. В тази зона с размери около 3 на 2,4 km, съответно южно и източно спрямо магистралата, БЛА извърши четири маньовъра „галсиране“.

При изпълнение на галса на височина 300 m, предвид обстоятелството, че видеокамерата захваща ширина на полосата от земната повърхност 1 km (ъгъл на полезрение 120°), се установи препокриване между вътрешните „галсове“ около 250 m. Едновременно с видеокамерата при изпълнение на горепосочените маньоври на борда на БЛА функционираше и инфрачервената камера, като се използва и газ-анализатор (фиг. 3).



Фиг. 3. Телеметрични данни на полета над индустриална зона Девня

След облитането на индустриалната зона на град Девня БЛА се насочи към зоната на Аспаруховия мост на град Варна с разположения под него остров, като в тази зона извърши два маньовъра „галсиране“ спрямо моста (фиг. 4).



Фиг. 4. Телеметрични данни на полета към Аспаруховия мост

След завършване на облитането на зоната на Аспаруховия мост на град Варна БЛА осъществи маньовър за снижение и изпълни кацане при усложнена навигационна обстановка в авиобаза „Чайка“. Продължителността на полета бе 42 min, като целевата апаратура на БЛА функционираше 33 min 45 s.

Последва следполетно обслужване и снемане на данните от сензорната апаратура за наблюдение и специализираните измервания.

След завръщане в град Варна бяха представени предварителните резултати от извършения полет с БЛА над обекти от КИ.

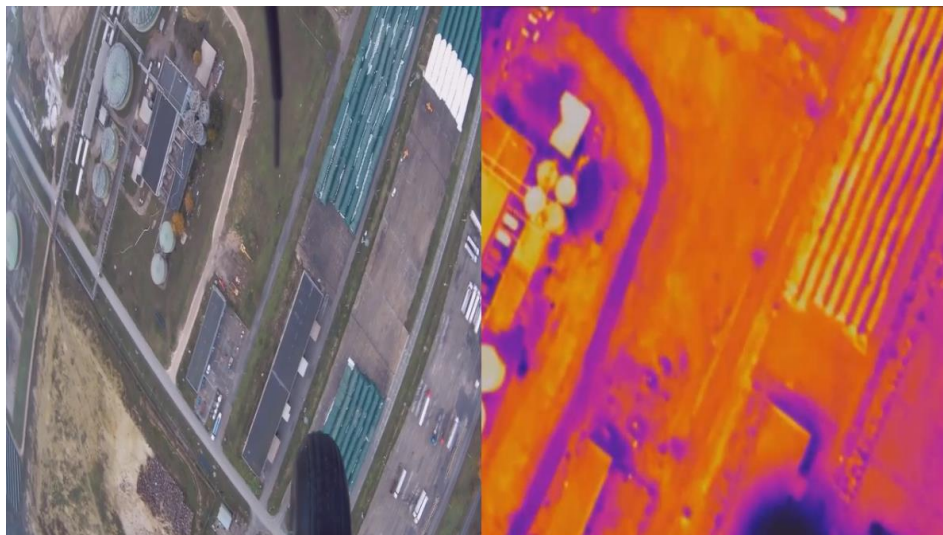
Анализ на резултатите от летателния експеримент с БЛА

Предвид обстоятелството, че в индустриалната зона на град Девня и в зоната на Аспаруховия мост на град Варна са разположени множество обекти от КИ, в съответствие с възможностите на целевото оборудване на БЛА, за анализ на резултатите от летателния експеримент са избрани няколко обекта от КИ. При това се отчита, че ъгълът на ползрение на видеокамерата е по-голям от този на инфрачервената камера.

На фиг. 5 са показани съответно в ляво и в дясно, синхронно видеоизображение и термоизображение на химическия завод „Агрополихим“ за производство на азотни съединения

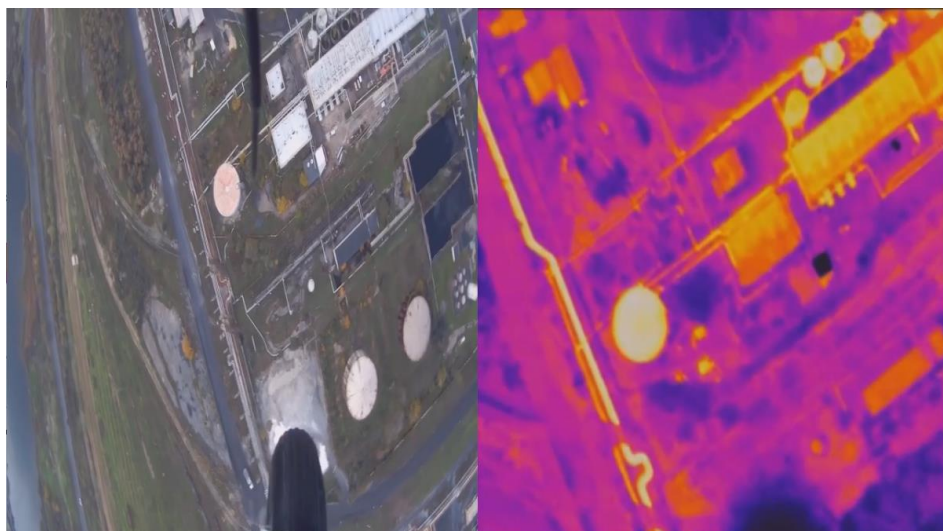
и торове, разположен в индустриалната зона на град Девня (кв. Повеляново). По-конкретно, в левия горен край на фигурата на термоизображението се наблюдават горещи петна от северната част на завода – покривни конструкции и цистерни.

Освен това на фиг. 5 се вижда, че поради ниските температури и валежа през деня на провеждания летателен експеримент, наблюденията на видеоизображението път и прилежащите локви се открояват на термоизображението с по-ниска температура от околната растителност.



Фиг. 5. Видеоизображение и термоизображение на химическия завод „Агрополихим“

На фиг. 6 са показани видеоизображение и термоизображение на цистерни на ТЕЦ-Варна, разположени на западния край на Варненското езеро (12 km от град Варна).

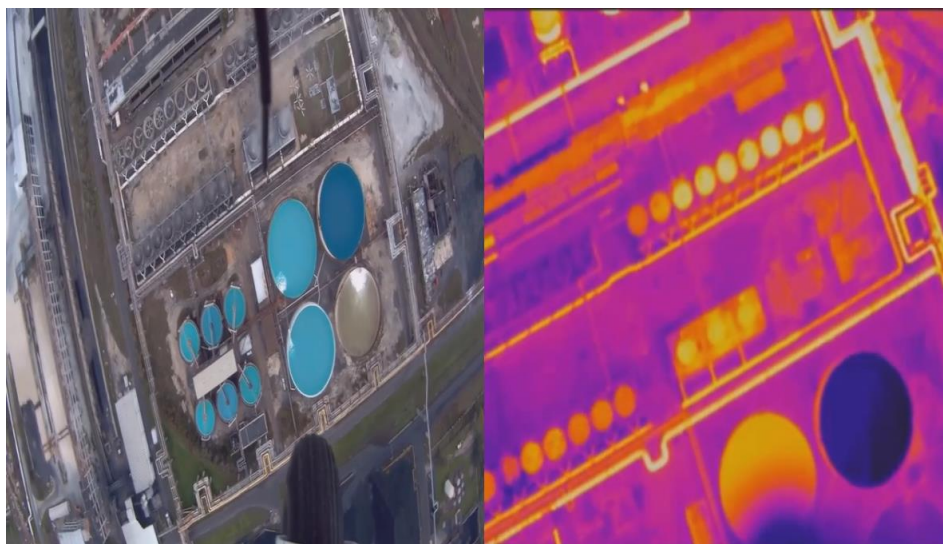


Фиг.6. Видеоизображение и термоизображение на цистерни на ТЕЦ „Варна“

На термоизображението в ляво от цистерната ясно се разграничава тръбопровод, а в долния му край – компенсатор за линейно разширение.

На фиг. 7 са показани видеоизображение и термоизображение на содовия завод „Солвей Соди“, който е най-големия завод за сода в Република България и най-големия производител на калцирана сода в Европа.

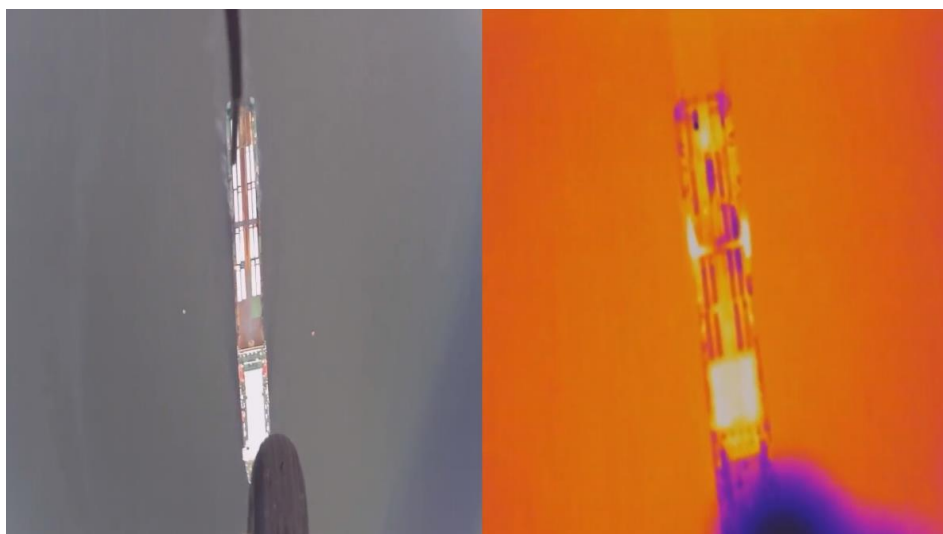
В долния десен край на термоизображението се откроява, вероятно, пълна с вода цистерна (поглъща лъченията), а в горния край на термоизображението се наблюдава системата от тръбопроводи на содовия завод и отделни водни повърхности (локви, езера и др.).



Фиг. 7. Видеоизображение и термоизображение на содовия завод „Солвей Соди“

На фиг. 8 са показани видеоизображение и термоизображение на кораб-ферибот, плаващ по канала Варна-Девня.

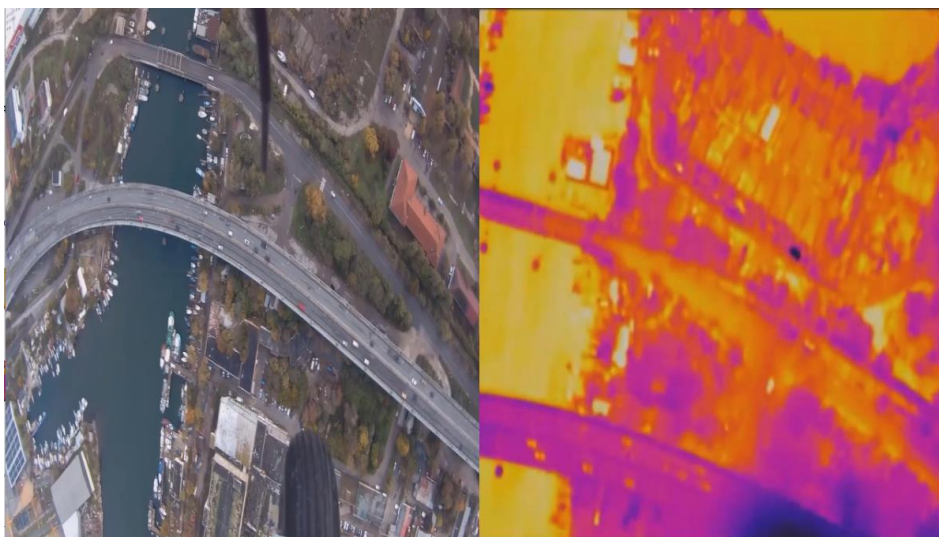
Както е известно, фериботният комплекс „Варна“, разположен на 30 km западно от Варна, е с възможности за едновременно обработка на два типа фериботни кораба с широчина 26 m × 22 m. При това на корабите-фериботи се транспортират железопътни вагони от различен тип.



Фиг. 8. Видеоизображение и термоизображение на кораб-ферибот

От фиг. 8 се вижда, че в долния край на термоизображението е разположено машинното отделение на кораба-ферибот (с най-висока температура – в бяло), а по средата на термоизображението – вероятно дюзи за отработените газове.

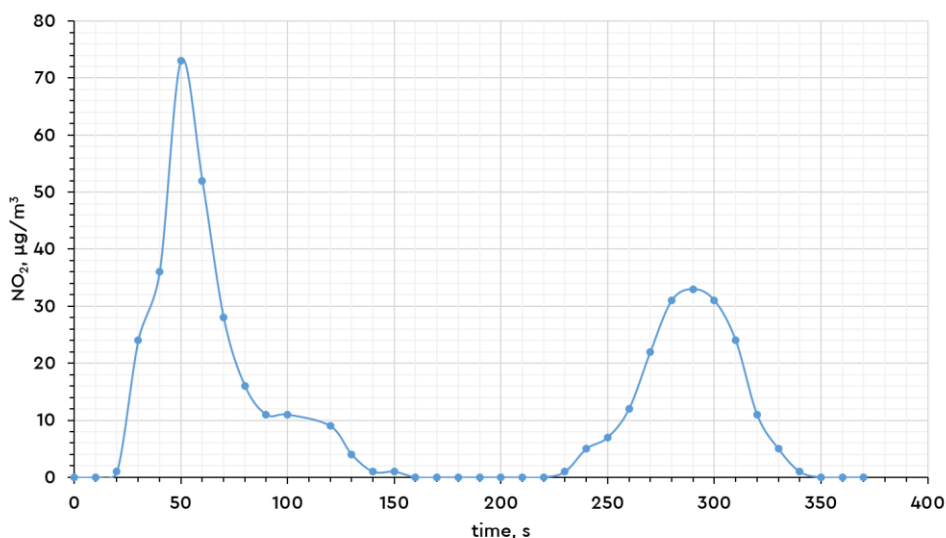
На фиг. 9 са показани видеоизображение и термоизображение на Аспаруховия мост в гр. Варна, свързващ Варненското и Белославското езеро с Черно море чрез плавателен канал, както и кварталите Аспарухово и Галата с централната част на града. При това общата дължина на Аспаруховия мост е 2050 m, ширината му е 21 m, а височината – 52 m. Главният му отвор е широк 160 m.



Фиг. 9. Видеоизображение и термоизображение на Аспаруховия мост

На фиг. 9 в средния и горния ляв край на термоизображението се наблюдават работещи предприятия, а в долния край – движещи се коли. Южно и северно от Аспаруховия мост се забелязват съответно един и четири кораба, плаващи по канала.

Специализираните измервания на замърсявания на обекти от КИ с използване на газ-анализатор MRU Optima 7 бяха извършени при полета на БЛА над южната част на индустриалната зона на град Девня (южно от магистралата София-Варна). На фиг. 10 са показани два пика на кривата на замърсяване с азотен диоксид в зависимост от вектора на движение на БЛА.



Фиг. 10. Зависимост на концентрацията на замърсителя NO₂ от времето на полета на БЛА и вектора на движението му

По-големият пик на фиг. 7, т. е. с по-високата концентрация на NO₂, се отнася за случая, когато БЛА лети перпендикулярно на магистралата София-Варна (от Североизток към Югозапад) и навлиза във въздушното пространство на азотно-торовия завод „Солвей соди“.

По-малкият пик на фиг. 7, т. е. с по-ниската концентрация на NO₂, се отнася за случая, когато БЛА лети на Изток и се отдалечава от азотно-торовия завод „Солвей соди“, т. е. се завръща към град Варна.

Не е установено наличието на фини прахови частици, вероятно поради преминаването на атмосферен фронт през района.

Както в авиобаза „Чайка“, векторът на вятъра в района на специализираните измервания на замърсявания над южната част на индустриалната зона на град Девня бе в посока Запад-Изток.

Заклучение

Резултатите от летателния експеримент с БЛА позволяват да се направят следните изводи:

1. При съпоставяне на видеоизображения и термоизображения на обекти от КИ, заснети с използване на БЛА, се наблюдава многоспектрно инфраструктурата (топлопроводи, цистерни, работещи машини и др.) и състоянието ѝ, както и периметъра на обектите.
2. В редица случаи получените термоизображения при наблюдения от БЛА на различни обекти от КИ са по-информативни и актуални от съответните видеоизображения.
3. Проведеното измерване с портативен газов анализатор MRU Optima 7 показва наличие на NO₂ над територията на химическия завод „Агрополихим“, чиято максимална концентрация бе 73 µg/m³, което към дадения момент не превишаваше пределно допустимите концентрации.

Тази публикация е финансирана от Министерството на образованието и науката в изпълнение на Националната научна програма „Сигурност и отбрана“, приета с РМС №731 от 21.10.2021 г и съгласно Споразумение № Д01—74/19.05.2022 г.

Литература:

1. Военный энциклопедический словарь (Авторски колектив).М., Рипол Классик, 2002
2. Димитров, Н. Системен подход към критичната инфраструктура. В., ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“, 2019
3. План за защита при бедствия на област Варна, Община Варна, 2020 г.
4. Хубенов Е., Сотиров Г., Алексиев К., Хубенова З. Системи за мониторинг на критичната инфраструктура с елементи на изкуствен интелект. С., Издателство на БАН „Проф. Марин Дринов“, 2025, 310 стр.
5. AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY, 2024–2025.