

ЧОВЕШКИЯТ ФАКТОР – ОСНОВЕН ЕЛЕМЕНТ ПРИ ДЕКОМПОЗИЦИЯ НА МОДЕЛА 5 x M ЗА ПРИЧИНИТЕ ЗА АВИАЦИОННИ ПРОИЗШЕСТВИЯ

Николай Загорски

Технически университет – София, филиал Пловдив
e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg

Ключови думи: *авиационни произшествия, човешки фактор*

Резюме: *Представен е обобщен модел на причините за авиационни произшествия. Извършена е декомпозиция на модела и са разглеждани физиологическите и психологическите елементи на човешкия фактор в обобщения модел. Посочени са примери за проявяването на тези елементи при различни полетни ситуации и тяхното влияние върху изхода на полета.*

HUMAN FACTOR - ESSENTIAL ELEMENT IN DECOMPOSITION MODEL 5 X M OF THE REASONS FOR THE ACCIDENT

Nikolay Zagorski

Technical University – Sofia, Plovdiv Branch
e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg

Keywords: *aviation accidents, human factor*

Abstract: *Presented a general model of the reasons for aviation accidents. Decomposition is performed on the model and examined the physiological and psychological elements of human factors in generalized model. Mentioned are examples of these elements occurs in different flight situations and their impact on the outcome of the flight.*

Въведение

Много рядко едно авиационно произшествие е резултат на една единствена причина. Като правило, произшествията са резултат от комбинацията на няколко различни причини.

В процеса на функциониране върху авиационния комплекс действат различни фактори, които могат да се разделят на статични и динамични. Статичните фактори са относително постоянни и не се променят в процеса на функциониране. Към статичните фактори се отнасят надеждността на системите на въздухоплавателните средства (ВС), несъвършенствата в нормативно-техническата документация, надеждността на земните аеронавигационни и информационни системи, организацията и управлението на въздушното пространство и др.

Към динамичните фактори се отнасят управляващите въздействия на екипажа посредством органите за управление на ВС, командите към екипажите, подавани от екипажите на органите за РВД, недостатъците в професионалната подготовка на екипажите и на земния персонал (в най-голяма степен – от РВД), неблагоприятни психофизиологични прояви в полет (внезапно заболяване, травми, стрес, преумора, хипоксия, алкохолно и наркотично опияняване, отравяне, десинхронизация на денонощния цикъл, неблагоприятен биоритмичен фактор и др.), външни активни въздействия (сблъсък с единична птица, с ято птици, с други тела в атмосферата, електрически разряд, опасно движение и опасни градиенти (“порив”) на вятъра, интензивна атмосферна турбулентност, интензивно обледеняване) и др.

На фиг.1 е представен систематизираният модел 5 x M на причините за авиационни произшествия. Използван е моделът на причини за авиационни произшествия, разработен за в

началото на 90-те години на миналия век от швейцарския професор по авиационна психология Анчард Зеелер [1, 5].



Фиг. 1: Общ модел на причините за авиационни произшествия

Моделът включва следните фактори:

1. **MAN = ЧОВЕК** (човешки фактори)
2. **MATERIAL = МАШИНА** (технически фактори)
3. **MEDIUM = ВЪНШНА СРЕДА**
4. **MENAGEMENT = МЕНИДЖМЪНТ**
5. **MISSION = ПОЛЕТНА ЗАДАЧА** (цел на полета)

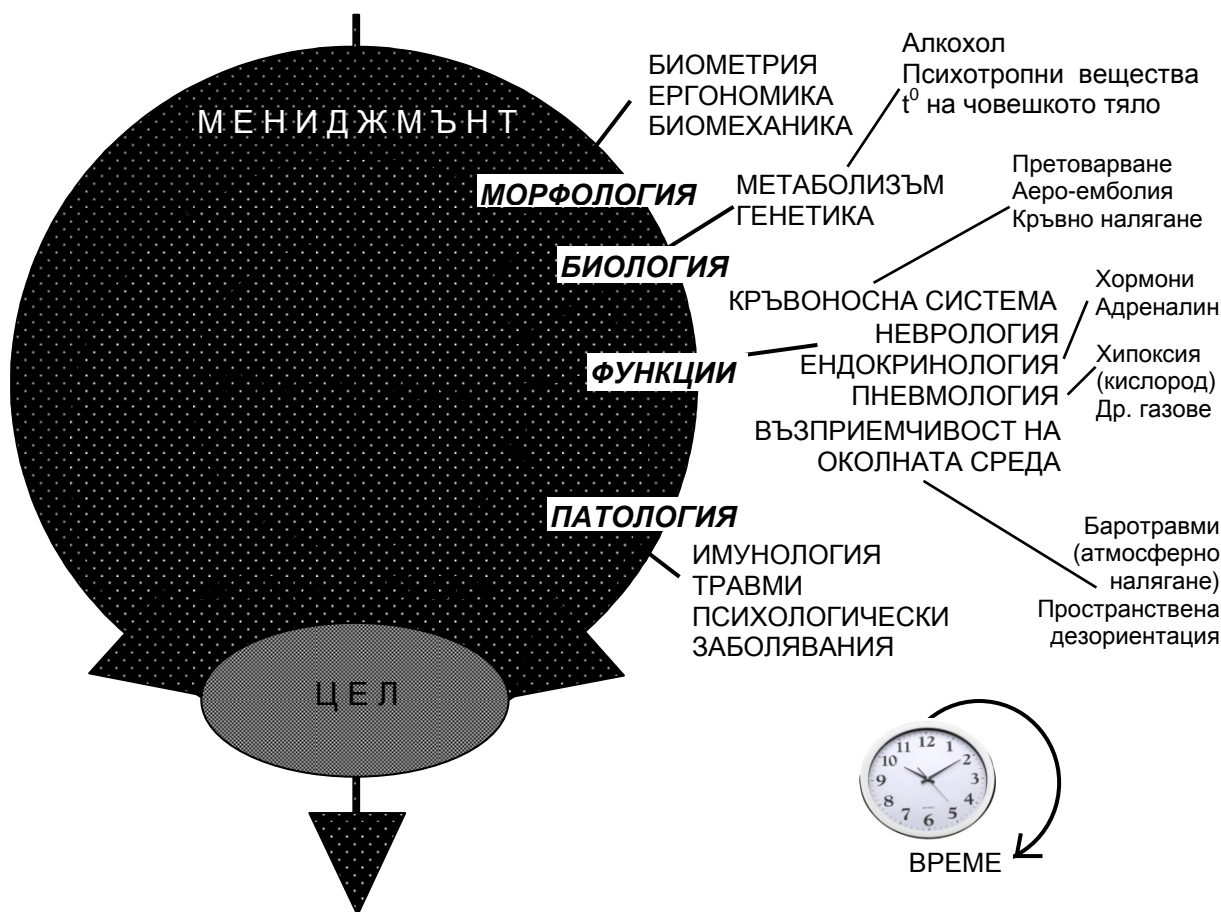
Разбира се факторът „Време“ е изключително важен и поради тази причина всеки един от отделните фактори се разглежда в непосредствена връзка с времето.

Декомпозицията на модела 5 x M и разкриване на отделните елементи, които влияят върху безопасността ще бъде направено на два големи дяла: човешкият фактор с неговите физиологични дадености (елементи) и човешкият фактор с неговите психологически особености.

Физиологически елементи на „Човешкия фактор“

На фиг.2 е представена декомпозиция на „Човешкия фактор“ по отношение на физиологическите елементи и особености на организма на човека, а фиг.3 – декомпозицията на „Човешкия фактор“ по отношение на психологическите особености на отделния човек.

Понижението на парциалното налягане на кислорода във вдишвания въздух води до смущения в човешкия организъм, наричани най-общо височинна болест. В авиационната физиология е приет терминът хипоксия като по-точен, свързан с летателната дейност на човека. Характерни белези на хипоксията са обща отпадналост, трудно съсредоточаване на вниманието, забавено протичане на мисловните процеси, неправилно оценяване на обстановката, снижаване на работоспособността, нарушаване на координацията на движенията, загуба на навигацията при пилотиране. Понякога се наблюдава еуфория – състояние на повишено настроение и самочувствие, наподобяващо леко опиянение. Както при еуфория, така и при лошо самочувствие, в условията на хипоксия не е изключена възможността за внезапна загуба на съзнание.

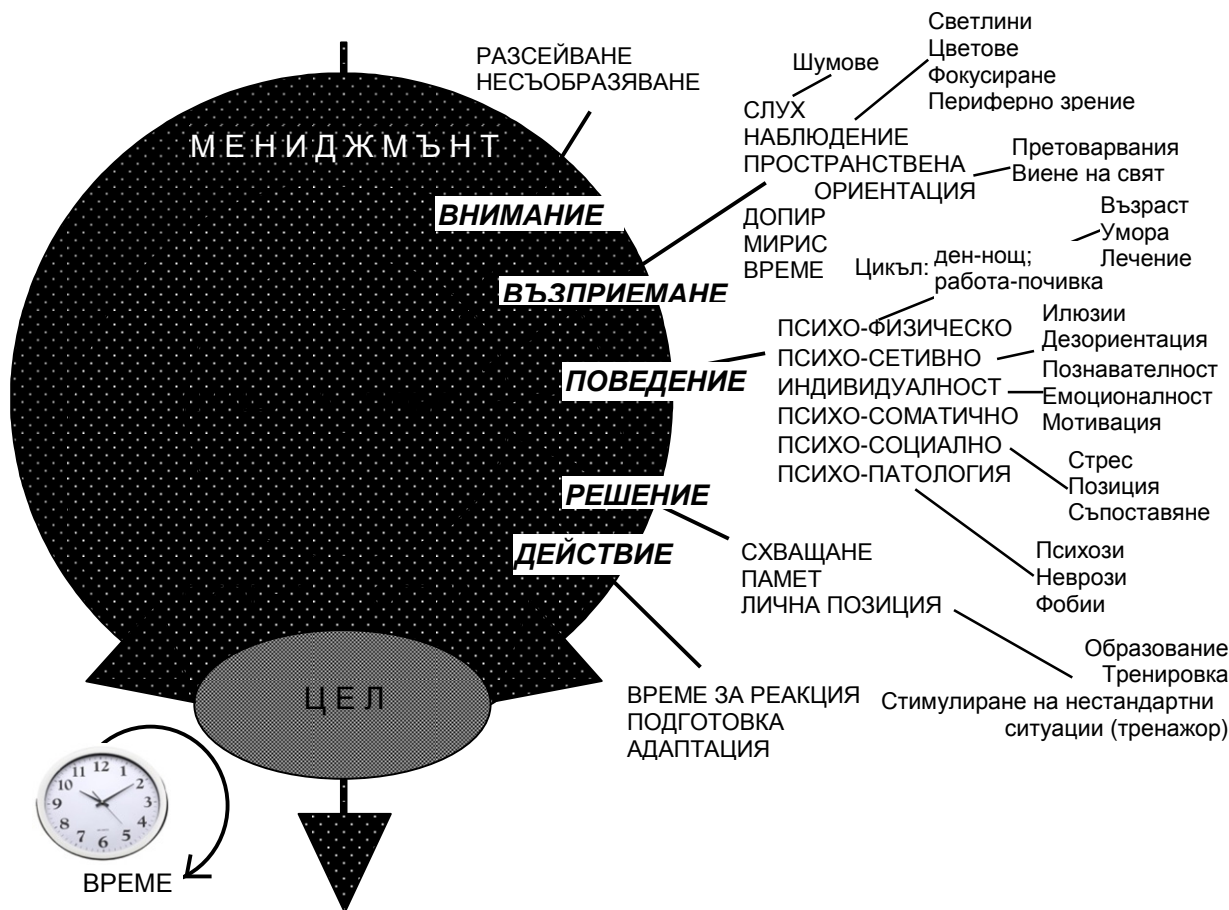


Фиг. 2: Физиологически елементи на „ЧОВЕШКИ ФАКТОР“

Най-голямата опасност на хипоксията е нарушеното протичане на психичните процеси, при които човек не може трезво и критично да преценява собственото си състояние и околната обстановка.

Действително, анализът на всеки от военните конфликти през последните 60 години (Северна Корея, Виетнам Близкоизточните конфликти, Афганистан) свидетелства, че факторът „заплаха за живота“ за летателните екипажи от воюващите страни, като правило, е съществувал на етапа на бойното използване. В същото време условията в Афганистан, от гледна точка на психоемоционалното въздействие върху летателния състав, представлявали уникална ситуация. Във връзка с високата активност на противника в борбата с въздушни цели (зенитни установки, ПЗРК от типа „Стингър“ и „Блоупайп“ и т.н.) факторът „Заплаха за живота“ присъствал през време на целия полет и бил най-вероятен в района на летището. Потвърждение за това е факта, че най-често поразявани са летателни апарати на етапите излитане, набор на зададения ешелон, снижение, заход за кацане и кацане. Това обстоятелство довело до необходимостта от промяна в тактиката за бойното използване на армейската авиация. Това е ярък пример за връзката между професионалното здраве и тактиката на авиацията, превърнала се в опасен фактор за безопасността на полетите и пряка заплаха за живота на екипажите.

Проблемът е в това, че започвайки от 1986 г. височината на полета за вертолетите съставлявала $H = 4000 \div 6000$ m, за военнотранспортната авиация $H = 6500 \div 8000$ m, за Су-25 $H = 6000 \div 10000$ m. Отчитайки нехерметичността на кабините този факт довел до поява на проблеми с хипоксията. Посочените височини са усреднени и в повечето случаи те са били много по-големи, доколкото това е бил единственият и най-ефективен способ за избягване на поражение от ПЗРК „Стингър“. Продължителността на престоя в нехерметична кабина на височини повече от $H = 4500$ m е достигала повече от 1 – 2 часа. При това около 40 % от летците, особено първите 2÷3 месеца от престоя в Афганистан, са съобщавали за неблагоприятното влияние на хипоксията, включително и случаи на загуба на съзнанието, много силно главоболие, придружено с повръщане. Бордовата кислородно-дихателна апаратура не се използвала, а на всички вертолети тя била въобще демонтирана поради липса на медицински кислород.



Фиг.3: Психологически елементи на „ЧОВЕШКИ ФАКТОР“

Трябва да се отбележи недопустимо ниското ниво на безопасност при превоза на хора в нехерметичните товарни отсеци на самолетите Ан-12. Прелитанията се осъществявали на височини $H = 6100 \div 6700$ m с продължителност от 1,5 часа и повече. При това в отсека отсъствали даже минимални запаси кислород за използване в особено екстремални случаи. В резултат, само за периода от декември 1981 г. до юли 1986 г., това причинило смъртта на трима военнослужещи – пътници и снемане от летателна работа на двама пилоти, след прекарано състояние на тежка хипоксия [2, 3].

Твърде значими и ярко изразени се оказали височинните фактори на полета за летателния състав от шурмовата авиация в Афганистан. Самолет Су-25 притежава нехерметична кабина е разчетен за полети на височини до $H = 7000$ m. Поради това полети на височини $H = 7000 \div 10000$ m, дори при използването на кислород, в 60÷80 % от летателния състав се съпровождало с развитие на симптомите на височинно-декомпресионна болест, с различна степен на изразеност на болки в ставите и в гърдите [4, 7].

Взривна декомпресия се получава при ситуации, при които внезапно се нарушава херметичността на кабината (изпадане на капака на кабината, разрушаване на остъкленieto и др.). В такъв случай протича рязко изравняване на високото налягане в кабината с това на околната атмосфера. Известно е, че на колкото по-голяма височина се е случила взривната декомпресия, толкова по-голяма е разликата между двете налягания. Силата и изразеността на декомпресията зависят и от бързината, т.е. от времето на изравняване на наляганията.

Настъпилото внезапно, рязко повишаване на налягане на газовете във всички “кухи” органи на тялото (белите дробове, средното ухо, кръвоносните съдове, стомаха и червата) представлява всъщност една “газова експлозия”, един мощен “газов удар” отвътре навън. Ефектът на въздействието в някои случаи води до разкъсване на тъканите на вътрешните органи.

Най-значителни са уврежданията на белите дробове, които съдържат повече въздух от който и да е друг орган. В резултат на удара на белите дробове по вътрешната стена на гръдния кош, в сърцето, големите кръвоносни съдове, а през диафрагмата- и в черния дроб,

може да настъпят различни по изразеност увреждания: от леки натъртвания и кръвонасядания до по-масивни разкъсвания.

Взривната декомпресия оказва въздействие и върху сърдечно-съдовата система. В началния момент в повечето случаи се наблюдава ускоряване на пулса и повишаване на кръвното налягане, което по-късно спада по-ниско от изходните стойности.

При взривна декомпресия на голяма височина най-опасна за екипажа и пътниците е острата кислородна недостатъчност, която настъпва непосредствено след декомпресията. За броени секунди може да настъпи загуба на съзнание, с което опасно да се застраши сигурността на полета.

Защита на организма от взривната декомпресия се осъществява практически едновременно със защитата му от острата кислородна недостатъчност.

Всеки член от екипажа, както и всеки друг човек, разполага с точно определени анализатори- зрителен, слухов, вестибуларен, тактилен, температурен, обонятелен, сетивен, усещане за болка. Периферните части на анализаторите представляват специфично устроени рецептори, включително и точковидни, разположени в различни участъци на човешкото тяло. Чрез техните „датчици“ информацията за външната среда постъпва в централната нервна система. Те имат определен диапазон на чувствителност, различаваща способност и далечина на възприятието. Чифтните системи притежават и насоченост на възприятието. Те могат с определена точност да преценяват посоката и да създават пространствена представа за положението на човешкото тяло.

Зрителният анализатор в сложната летателна дейност е от изключително значение. Посредством зрението се възприемат формата, размерите и цветът на предметите, получава се представа за тяхното взаимно разположение, придвижване и отдалечаване в пространството. По този начин се осъществява в най-голяма степен пространственото ориентиране на човека. Светлинните условия имат съществено значение за зрителното ориентиране в полет. В най-общ вид светлинните условия се характеризират с понятията осветеност и яркост, които функционално са взаимно зависими.

При полети на малка височина и при кацане с голяма скорост особено значение има способността на окото да различава движещи се обекти, т.н. динамична острота на зрението.

При дишането на чист кислород, т.н. хипероксия, могат да настъпят зрителни смущения, изразяващи се във влошаване качеството на пространственото и периферно зрение, на качествата на зрителното възприемане.

В летателната практика понякога се срещат и зрителни илюзии. Те са доста разнообразни. Някои от тях възникват по-често и имат значение за безопасността на полетите.

Автокинетична илюзия възниква, ако човек се намира в тъмно помещение и се вижда неподвижен, слаб източник на светлина, след няколко секунди започва да му се струва, че светлината се движи. Аналогични илюзии могат да възникнат и в полет, когато летецът фиксира погледа си за по-продължително време върху определен неподвижен обект, разположен на еднородно оцветен фон. Има случаи при групов нощен полет, когато летецът, като фиксира погледа си към някоя звезда, да я възприеме като контролна светлина на водещия самолет. Такива илюзии са опасни, защото могат да доведат до сблъскване на самолетите във въздуха.

Илюзията за увеличаване размерите на телата е свързана с бързото приближаване на ВС към даден обект. Идва момент, когато на летеца му се струва, че този обект е увеличен и неподвижен. Това следва да бъде сигнал за незабавна смяна на курса за да се избегне сблъскването. Илюзията за намаляване размерите на телата се получава при разнопосочно движение на самолетите и има същия физиологичен механизъм.

Илюзия за перспектива може да възникне при нощен полет, когато в полезрението на пилота попада редица от светлини, разположени по крива или под ъгъл, което може да се възприеме илюзорно като линия на естествения хоризонт. Илюзия за завой се появява при хоризонтален полет по права, когато два самолета летят успоредно, но с различна скорост.

Съществуват и други зрителни илюзии. Например, един светлинен източник се възприема за друг; сигналните светлини на два далечни самолета се възприемат като светлини на един по-близък самолет; изолирани земни светлини- като звезди, и обратно, звезди- за земни светлини.

Най-важната и най-съществената разлика на летателната дейност в сравнение с всички други дейности на човека е, че тя се осъществява изцяло в пространството, с бързи промени на посоката и скоростта на придвижване на летателния апарат и много често в условия на ограничена видимост- нощем, в облаци. Това затруднява пространственото ориентиране на екипажите, особено на тези, които летят на скоростни и високо маневрени самолети.

Вестибуларният анализатор е този, който дава информация за положението на тялото в пространството. Ориентирането на човека в пространството е сложен психофизиологичен

процес, резултат на интегративната дейност на централната нервна система. В този процес участват зрителният и вестибуларният анализатори, дълбоката мускулно-двигателна сетивност, усещанията от вътрешните органи, кожата и др.

Посочените анализатори е необходимо да функционират правилно и съгласувано, възбудите в тях да се възприемат, анализират и осъзнават своевременно и точно в централната нервна система.

При обичайните условия на земята дейността на цялата тази сложна функционална система от анализатори е така устроена и интегрирани, че осъществява успешно пространственото ориентиране на човека. Това е съвсем естествено, като се има пред вид, че тя се е изработила в процеса на еволюционното развитие на всички живи организми, включително и на човека, под въздействието на гравитационното поле на Земята.

В полет нещата обаче се променят. Човекът вече няма под себе си твърда, неподвижна опора. Опората (самолетът), на която се намира човекът, е подвижна и има възможност да се придвижва свободно в трите равнини на пространството. Самолетът изпълнява полета по траектория, която не зависи от земното привличане. При това положение се създават условия, при които може да се наруши нормално изградената дейност на функционалната система за ориентиране на човека в пространството. Причината за това е, че отпада или се изопачава един друг поток от постъпващата информация.

Най-голяма опасност за сигурността на полетите в сложни метеорологични условия е възникването на илюзии за пространственото положение на самолета и собственото тяло. Под това се разбира неправилно, изопачено, лъжливо възприятие и отражение в съзнанието на летеца на собственото положение (на самолета) в пространството. Съществуват различни по вид и изразеност вестибуларни илюзии: за пространствено положение на тялото, за праволинеен полет, за набиране на височина- "кабриране", преобърнато положение, за ляв и десен наклон- т.н. „крен“, противовъртене и др.

При илюзията за пространствено положение на тялото летецът, като не вижда естествения хоризонт и като не следи авиохоризонта във ВС, се отклонява по вертикала, т.е. изменя височината на полета. Този вид илюзия е свързана с физиологичните особености на отолитовия апарат във вътрешното ухо, който не може да възприема някои подпрагови дразнения, свързани с отклонение в посоката на придвижване на тялото в пространството по вертикалата.

При илюзията за праволинеен полет независимо, че ВС се намира в крен (наклон), поради изпълнението на завой, летецът в един момент, като се ръководи от усещанията си, започва да „чувства“, че ВС е излязъл от завоя и започва да лети по права линия. Това усещане, разбира се, е лъжливо, защото завоя продължава.

Обективно съществуват и други илюзии в полет, като: илюзията за кабриране, за крен, за противовъртене, за преобърнато положение и др.

Биологичните ритми като свойство на живите организми, включително и на човека, са възникнали под влиянието на синхронизиращото въздействие на външните, ритмично повтарящи се физически цикли на Слънчевата система, свързани с въртенето на Земята около собствената ѝ ос и около Слънцето, с фазите на Луната и др. В това отношение те са вродени и неизменни.

Много показателен и добре проучен е, например, денонощният цикъл, който обхваща 24-часовите промени в човешкия организъм, засягащи всички органи и системи. Нарича се още циркаден (от латинските думи *circa* - около и *dies* - ден). Например, в ранните сутрешни часове обемът на кръвта в кръвообращението е най-малък, след това постепенно се увеличава и в края на деня отново намалява. Телесната температура сутрин е най-ниска, към 17:00 часа – най-висока, а след това отново намалява. Черният дроб произвежда най-много захар към 2:00 ÷ 4:00 часа след полунощ, а разгражда най-много към 18:00 часа. Съдържанието на водата в кръвната плазма и в кръвните клетки се увеличава през нощта, обмяната на веществата намалява към 17:00 часа, а се увеличава към 4:00 часа. Броят на червените кръвни клетки в денонощието се колебае с половин милион. Този ритъм се проявява и в произвеждането на различни хормони. Той може да се влияе от годишните времена.

Циркадните ритми са наследствено обусловени и имат важно приспособително значение за организма на човека. Те се отличават с ярко изразена стабилност. Правени са интересни експерименти за разрушаване на този цикъл – доброволни участници са поставяни в условия на постоянна тъмнина или светлина, като са изолирани в дълбоки пещери, провеждани са експерименти със слепи хора и т.н., но резултатите са били неуспешни. Продължителността на циркадния цикъл може да бъде съкратена до 18 часа и удължена до 28 часа, когато човек се постави в изкуствен цикъл светлина – тъмнина. Преминат ли се обаче посочените граници на минимум и максимум, физиологичната адаптация се нарушава и организмът започва да живее по своя обичаен, 24-часов цикъл. Цикълът на бодърстване и сън

не се променя даже при продължителни пребивавания в постоянна светлина или тъмнина (в полярните зони, в Космоса).

Това показва, че психофизиологичните, биохормоналните и всички други промени в организма, свързани с циркадния ритъм, имат безспорно значение за психичното състояние и работоспособността на летателните екипажи. В едно проучване на авиационните произшествия е установено, че две трети от тежките произшествия денем в сложни метеорологични условия са станали в следобедните часове – след 13:00 часа. Половината от нощните произшествия в сложни метеорологични условия – след полунощ. Трябва да се има предвид, че количеството на пролетените часове сутрин и преди полунощ са били винаги много повече, отколкото тези съответно след обед и след полунощ. В случая значение могат да имат и други фактори, като натрупаната умора и пр., но влиянието на циркадните ритми е безспорно. [6, 8, 9]

Извършени са експериментални изследвания на различни хормони у човека и са наблюдавани сезонни различия. Например, нивото на тестостерона е най-високо през септември – октомври, според други автори- в периода юни – август. Сезонност се наблюдава не само при нормалните функции на организма, а също при проявите на някои заболявания, например, при язвената болест съществува изразено сезонно изостряне на болестта през пролетта и есента, а при астмата- през летните месеци.

Установено, че с промените в атмосферното налягане се променя количеството на разтворените газове в кръвта, а оттам и киселинно-алкалното равновесие в кръвта. Когато съставът на кръвта се променя към алкален (основен) се появяват спазми (чревни, жлъчни), тромбози, стенокардни, астматични пристъпи, повишава се съдържанието на вода в тъканите, спада кръвното налягане, намалява обмяната на веществата, забавят се мисловните процеси и пр. И обратно, когато съставът на кръвта се променя в кисела посока, преобладават други симптоми – кръвното налягане се повишава, тъканите отдават по-лесно водата, засилва се обмяната на веществата, повишава се възбудимостта на нервната система, намалява се рефлексното време, понижава се способността за концентрация на вниманието, появява се склонност към депресивни, меланхолни изживявания и пр.

Заключение

В заключение може да се отбележи, че разгледаните физиологически и психологически елементи на „ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР“ са обективни и неизменно съществуващи дадености на човека. За преодоляването им или за намаляване на тяхното въздействие най-значителна роля може да окаже използването на симулатори на полета.

Най-голям успех в тренировките се постига по пътя на последователното отработване на учебни програми. Вместо дългото и уморително отработване на аварийни ситуации е практично и целесъобразно тренирането на полети по голям брой маршрути в типов район, като при това се постига отлично сработване между членовете на екипажа. Аварийните ситуации и нарушенията в управлението за по-голяма правдоподобност се въвеждат не циклично, а спонтанно, предизвиквайки в трениращите се чувство за реална обстановка при редовен полет.

В тази посока съществена роля имат и специалните програми за усъвършенстване на работата на екипажа в екип (т.нар. Cockpit Resource Management), които са особено актуални през последните години.

Литература:

1. З а г о р с к и, Н., С в. А с е н о в. Развитие на отношението към безопасността в авиационната безопасност: еволюция и усъвършенстване на модела за причините за авиационни произшествия, XVI Международна научно-техническа конференция по транспортна, строително-пътна и подземно-транспортна техника и технологии, trans &MOTAUTO'09, стр. 96 – 99.
2. М а д ж а р о в, Б. Безопасност на полетите, София, ВИ, 1981.
3. Безопасность полетов летательных аппаратов, под редакцией Лысенко Н.М., КВВАИУ, 1989.
4. Руководство по расследованию авиационных происшествий, четвертое издание – 1970 г., Doc 6920-AN/855/4.
5. Accident Prevention Manuel, Doc 9422-AN/923, ICAO, First Edition – 1984.
6. K a n n, C. F., For the record, National Aeronautics Associations Newsletter, Washington (DC), 1987.
7. L e d e r e r, J. F., E n d e r s J. H., Aviation Safety – the global conditions and prospects, Flight safety Foundation, Inc., June, 1987, p.p. 1-14.
8. Д о н о в, Г., С о т и р о в Г. Автоматизирана локализация на неизправности в авиационното радиоелектронно оборудване. Сборник доклади от Научно-приложна сесия на международната изложба ХЕМУС- 1996, стр.227-234.
9. Z a f i r o v, D., The Aircraft's Lifecycle Management, International Congress Mechanical Engineering Technologies '04, September 23-24, 2004, Varna