

МУЛТИМОДАЛНА БИОСЕНЗОРНА ЛАБОРАТОРИЯ ЗА ОЦЕНКА НА ОПЕРАТОРИ, РАБОТЕЩИ В ЕКСТРЕМНИ УСЛОВИЯ

**Зоя Хубенова¹, Георги Сотиров¹, Любомир Алексиев²,
Деанна Александрова², Даниела Иванова²**

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

²*Военномедицинска академия-ИЦВМЕАММ – София*

e-mail: zhubenova@space.bas.bg

Ключови думи: БЛА, човешкия фактор, човек-оператор, екстремни ситуации

Резюме: Статията е свързана с изследване и оптимизиране на човешкия фактор при управление на безпилотни летателни апарати, приложими за мониториране на значими за националната сигурност обекти с използването на иновативни методи за оценка на когнитивното и психоемоционално състояние на човека-оператор, работещ в екстремни ситуации. В предложената нова мултимодална биосензорна лаборатория ще се изследват оперативните качества на човека-оператор в ситуации с голямо работно натоварване и стрес. Целта е разработване на концепция и методика за работа на човека-оператор при управление на безпилотен летателен апарат, работещи в критични ситуации, свързана с подбора, обучението и тренировките на кадри за безпилотната авиация.

HUMAN FACTOR RESEARCH IN UNMANNED AIRCRAFT MONITORING SYSTEMS OF CRITICAL SITUATIONS

Zoya Hubenova¹, Georgi Sotirov¹, Liubomir Alexiev², Deanna Aleksandrova², Daniela Ivanova²

¹*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences*

²*Military Medical Academy – Sofia*

e-mail: zhubenova@space.bas.bg

Keywords: UAV, human factor, human operator, extreme/critical situations

Abstract: The article is related to the study and optimization of the human factor in the control of unmanned aerial vehicles (UAVs), applicable for monitoring of significant for national security objects using innovative methods for assessing the cognitive and psycho-emotional state of the human operator (HO) working in extreme situations. The proposed new Multimodal Biosensor Laboratory (MBSL) will examine the operational qualities of the HO in high workload and stress situations. The objective is to develop a concept and methodology for the operation of the HO in the control of UAVs operating in critical situations related to the selection, training and training of personnel for unmanned aviation.

Въведение

В съвременното техногенно общество важна роля играят ергатичните системи за управление на движещи се обекти, т.е. целенасочени системи „човек-машина-среда“ [1]. В тези системи човекът-оператор (ЧО), взаимодействащ с технически средства, изпълнява целеполагащи функции, като контролира движението на обекта в ръчен, полуавтоматичен режим или като супервайзор. Към такъв клас автоматизирани системи могат да се причислят и безпилотните авиационни системи (БАС), които от системна гледна точка могат да се представят като йерархия от три нива [2]: на най-ниското ниво са сложните технически системи с БЛА, на второто – наземен комплекс, а на третото – техническото звено се обединява в ергатично с включен тренажор за обучение. Някои от съвременните проблемни области, свързани с развитието на тези системи са: увеличаване на степента на сложност при

управлението, повишаване степента на потенциални опасности от външната среда, увеличаване на обема на обработваната информация, намаляване на времето за вземане на решения, увеличаване на цената на грешките и др.

Работата на оператора в тези условия е изпълнена със сензорно, емоционално и интелектуално претоварване. Независимо, че тази техника е „безпилотна“, то влиянието на човешкия фактор остава негативното в повечето случаи на катастрофи с БЛА. Въобще взаимодействието „оператор - БЛА“ е различно за различните системи. При безпилотни системи с автоматичен полет по маршрут и кацане операторът само определя маршрута, като по време на полета не се намесва в управлението, а само контролира полета и дава команда за аварийно кацане. За безпилотни системи с възможност за ръчно управление операторът може да изменя маршрута по време на полета и да извършва различни маневри, да излита и да каца. В първия случай безопасността зависи от надеждността на всички части на системата, а при втория се добавя и квалификацията на оператора [3].

Формализацията, моделирането и изследването на човека в сложните ергатични системи се оказва важен интердисциплинарен научен проблем, изискващ използване на теория и методи от различни области на науката: кибернетика, когнитология, физиология, ергономия, системен анализ, биомеханика, компютърни науки и т.н. Цялостното решение на проблема с отчитането на човешкия фактор включва провеждането на инженерни и психологически изследвания, включващи задачи за изграждане на информационен модел на системата, избор на вида и характеристиките на контролите, организиране на работното място и много други задачи, важни за осигуряване на висока ефективност на системата човек-машина.

Професионален подбор и тренажорна подготовка на оператори на БЛА

Изследванията, свързани с комплексната оценка на оператори на дроне, обхващат различни аспекти, включително психофизиологични и професионални качества, както и използването на симулатори за обучение. Ето някои ключови области:

1. Психофизиологични качества: Изследванията разглеждат важни качества като възприятие и обработка на информация, концентрация и разпределение на вниманието, реакция на стрес, координация и др. Тези качества са критични за ефективното управление на дроне.

2. Професионални умения: Оценяват се техническите умения на операторите, включително способността им да управляват дроне в различни условия и да използват специализиран софтуер.

3. Използване на симулатори: Симулатори се използват за обучение и оценка на операторите. Те предоставят реалистични сценарии, които помагат на дистанционните пилоти да развият и усъвършенстват своите умения.

4. Обучение и сертификация: В България и други страни се предлагат сертифицирани курсове за обучение на оператори на дроне, които включват както теоретични, така и практически занятия.

5. Регулации и безопасност: Изследванията също така разглеждат как операторите спазват регулациите и процедурите за безопасност, за да се гарантира безопасна експлоатация на дронете.

Устройства, оръжия и системи, които се управляват с помощта на дистанционно управление или компютър, създават не само нови възможности, но и нови проблеми - психологически, социални и правни. Особено внимание в света се отделя на различните аспекти на човешкия фактор (ЧФ) и ролята му в БАС за безопасността на полетите. Съвременният процес на обучение на тренажор се опира на понятието когнитивна обучаваща/образователна технология, свързана с целенасочено управление на когнитивните функции на обучаемия оператор (стажант) – висши мозъчни функции, такива като памет, внимание, психомоторна координация, реч, мислене, ориентация, планиране и контрол на висшата психическа дейност [4]. Когнитивната функция характеризира способността на човека към възприятие и преработка на информация, а също използването ѝ за координация на неговите действия.

Подготовката на операторите за работа с БЛА – това е поетапен, управляем и контролиран процес, включващ двете основни функции, реализирани във всеки тренажор [5]: 1) възпроизвеждане условията на работа и 2) управление на това възпроизвеждане на реалните условия на функциониране от страна на инструктора със съпътстващ контрол над действията на оператора. В процеса на обучение на тренажор се решат следните задачи: подготовка на оператора; поддържане на навигацията; професионален подбор на оператори за решаване на конкретни задачи; преподаване на оператори; обработка на методики и програми за обучение. Тренажорите представляват модел на реални ергатични системи, предназначени за развиване

на навици за управление на сложна техника. В задачите на тренажора влизат създаване в оператора на илюзията за управление на обекта за сметка на възпроизвеждане на условията, в които той работи. Това възпроизвеждане на условията може да се планира предварително, като се отчитат психофизиологичните особености на отделните оператори и реалните ситуации, възникващи в процеса на функциониране на обекта. Това на свой ред позволява да се решават широк кръг задачи на професионалната подготовка, от първоначалното запознанство с БАС до създаване на навици за вземане и изпълняване на решения в сложни, в това число и извънредни екстремни ситуации [6].

Комплексно изследване на човешкия фактор в БАС чрез мултимодална биосензорна лаборатория

Управлението на БАС е комплексна и динамична дейност, изискваща технически умения, интегриране на различни умствени ресурси като памет, внимание и вземане на решения, както и адаптивност и стресоустойчивост. От друга страна, тази дейност е свързана с редица предизвикателства, които лесно могат да нарушат ефективното и безопасно представяне на човешкия фактор по време на полета.

В авиацията стресова ситуация може да възникне във всеки един момент от полета, като индивидуалната реакция към стресора е ключова по отношение на професионалното представяне на човека в летателната дейност, като неговото функционално състояние и психично здраве до голяма степен осигуряват безопасността на полета.









От една страна, работната станция за контрол и управление на БЛА като високотехнологично среда с множеството дигитални устройства, дисплеи и навигационно-пилотажни прибори, предоставя огромно количество данни за движението на летателния апарат и за състоянието на полетните системи в реално време. Информационното претоварване на човешкия фактор от източниците на полетна информация при пилотиране на БЛА се явяват предпоставка за възникване на грешки във възприятието, обработката на информацията и при вземането на решения, които са честа причина за инциденти с дронове, водещи до тежки материални щети, отнемане на човешки живот и с негативен ефект върху изхода на мисията. Повишеният риск от допускане на човешка грешка при пилотиране на дронове налага задълбочено изследване на физиологичното и когнитивно състояние на пилота-оператор по време на полет с неговите възможности и ограничения, поносимост към работно натоварване, устойчивост към стрес и умора – фактори, които повлияват изпълнението на летателните задачи.

От друга страна, изучаването и разбирането на личностните характеристики позволява да се оптимизира индивидуалното и екипното представяне и дава възможност да се управлява риска, като се идентифицират хора с личностни черти, благоприятни за безопасното и ефективно управление на БЛА. В тази връзка, при изследването на човека-оператор следва да се имат предвид както физиологичните параметри, така и личностните характеристики на операторите.

Предлаганата от нас концепция за създаване на *Мултимодална биосензорна лаборатория (МБСЛ)* към съществуващата „Лаборатория за подбор, обучение и контрол на оператори на безпилотни летателни апарати“ в ИКИТ-БАН включва комбинирано използване на неинвазивни физиологични и психологични методи за изследване на човека-оператор на БАС в сложна високотехнологична работна среда при кризисни ситуации [7]. В тази връзка се предвижда да се разширят нейните възможности, като се закупи допълнителна апаратура и съответстващ софтуер (Фиг. 1, 2).

Налична апаратура				
Тренажор C-Star, [SimLat] 	Окулограф: Мобилен: Pupil Labs Core 	Окулограф: Стационарен: GazePoint GP3HD 	ЕЕГ: каска Emotiv Epos X 	БЛА: E-flite Apprentice STS 1.5 m 
Провеждат се курсове за обучение на кандидати за оператори на БЛА	Записват се данни за окуломоторната активност в реално време. Изучава се разпределението на вниманието на оператора по време на полет.		Изследване на мозъчните функции чрез регистриране на ЕЕГ	БЛА за провеждане на полигонни изследвания

Фиг. 1. Налична апаратура в Лабораторията за подбор, обучение и контрол на оператори на БЛА

Предвидена за закупуване			
<p>Безжичен ЕМГ апарат ROAM Wireless EMG system (едноканален)</p> 	<p>Мобилен окулограф: бинокулярен окулограф Pupil Labs Neon Bundle</p> 	<p>Настолен окулограф Tobii 5</p> 	<p>Система за анализ на невропатия: VNS-Микро</p> 
<p>Осигуряване на осем- часов запис на моторни/ мускулни движения</p>	<p>Подобрена технология на Neon с възможност да работи във всяка среда (от слънчев ден до тъмнина) и при различни дейности.</p>	<p>Следващото поколение проследяване на очите и главата, проектирано за работа и игри на компютърни флайт симулатори.</p>	<p>Анализира се автономна нервна система на човек, като се регистрира вариабилност на сърдечната честота.</p>
<p>Батерия тестове Vienna Test System на д-р Шуфрид</p> 	<p>Дрон/коптер: Matrice 30T Worry-Free Basic Combo</p> 	<p>RealFlight Evolution RC Flight Simulator with InterLink DX Controller</p> 	<p>Flight Simulator x-Plane 12, DVD Set</p> 
<p>Широко гама от психо- логически тестове с възможност за адаптиране към разнообразни индивидуални изисквания</p>	<p>Коптер с тренажор за провеждане на лабораторни и полигонни изследвания</p>	<p>Полетен симулатор с повече от 300 различни самолета за летене (самолети, хеликоптери, дронове и др.) и с над 75 различни места за летене.</p>	<p>Нова версия от серията летателни симулатори за Windows и Linux. Съдържа реалистични пейзажи, детайлни пилотски кабини и е с възможности за аеродинамично моделиране</p>

Фиг. 2. Допълнителна апаратура за дооборудване на Лабораторията

Физиологични изследвания

Използването на специфични инструменти и биосензори за мултимодално изследване на човешкия фактор дава възможност да направим обективни измервания и оценка на определени физиологични параметри, както преди и след изпълнението на полета, така и да бъде проследено и анализирано представянето на човека-оператор при управление на БЛА.

➤ **Преди полета:** Физиологично изследване на ЧФ за оценка на *функционалното състояние на организма* преди полета (входно ниво):

- а) Оценка на зрително-моторно време на реакция на избор на оператора – регистрира се времето между разпознаването на зрителен стимул и началото на моторния отговор при подаване на последователност от зрителни стимули [8].
- б) Компютърна стабилография (постурография) – неинвазивен метод за регистриране и анализ на постуралните колебания при изправен стоеж. Изследването включва оценка на статичното и динамично равновесие на човека при изправен стоеж, както и приносът на всяка от трите сензорни системи (зрителна, вестибуларна и проприоцептивна) в поддържане на равновесието [9].
- в) Оценка на функционалното състояние на сърдечно съдова система (ССС) преди полета – ЕКГ метод на измерване на вариабилността на сърдечната честота (HRV). HRV е показател за вариациите във времевите интервали между последователни сърдечни удари (RR интервалите). Изследването ще се извърши с новозакупена по настоящия проект VNS micro апаратура (апаратура закупена от основния бюджет предвиден за Института по невробиология) с цел обективизиране на нивото на стрес на оператора.

➤ **По време на полета:** Физиологични изследвания при изпълнение на полета:

- а) *Eye tracking* – окулографски метод за регистриране движенията на очите, измерване на диаметъра на зениците и честота на миганията за изследване на зрителното внимание и когнитивното натоварване на ЧО при управление на БЛА;

- б) *ЕЕГ метод* (иновативна безжична система Emotiv), който позволява софтуерна обработка на ЕЕГ данните с изчисляване на т.нар. Показатели за ефективност (Performance metrics) – за определяне на когнитивното натоварване и ниво на стрес;
- в) *HRV (Heart rate variability)* - Оценка на функционалното състояние на ССС по време на полета. Измерва се HRV през време на целия полет.
- г) *ЕМГ* - за изследване на време на реакция
- д) *FPV (First person View) head tracker*.

➤ **След полета:** Физиологични изследвания при изпълнение на полета:

- а) Постурография;
- б) Вариабилността на сърдечната честота (HRV) – измерва се по аналогичен начин, както преди полет.

Психометрични изследвания:

➤ **Психометрични изследвания преди полета:**

- а) Short Stress Questionnaire (SSSQ) даващ оценка на субективните нива на напрежение или стрес, свързани с текуща задача, ситуация или опит.
- б) Използване на батерия от Психометрични тестове на д-р Шуфрид ще предостави информация и персонализирана обратна връзка на операторите за техните нива на стрес, внимание и фокус, поносимост към умствено натоварване, стрес и умора: как тези фактори повлияват изпълнението на летателната дейност, повишават риска от човешка грешка, и по какъв начин операторите могат активно да работят за подобряване на своите умения и представяне.

Психологичните тестове предлагани от Vienna Test System (VTS) на д-р Шуфрид [10] са подходящ метод за изследване на *оперативните качества* на участниците, включително и на тяхното поведение в ситуации на голямо работно натоварване и стрес.

Чрез горепосочената тестова система предвиждаме да се направи оценка на: тридимензионалната пространствена ориентация - пространствена ориентация и мислене на операторите, необходима за ефективното и безопасно управлението на БЛА; тяхната стресоустойчивост - реакцията към бързо променящите се стимули и възможностите на авиатора да се справи с изпълнението на задачата при сложни условия; нивото на бдителност - тестът се използва за оценка на вниманието на оператора на БЛА при изпълнение на продължителни и монотонни задачи, при които може да настъпи умора и влошаване в представянето, което крие риск да компрометира безопасността на полета. [11]

Резултатите от психометричните тестове ще бъдат използвани като *предиктор за индивидуалните умения* и ниво на изпълнение на задачите. Получените резултати и установени зависимости от психологичните и физиологични изследвания, и тези от представянето на всеки един оператор при управлението на БЛА, ще дадат възможност за установяване *критерии за подбор на оператори* на БЛА.

1. Тридимензионалната пространствена ориентация чрез тест „Adaptive 3-Dimensional Block Test (A3DW)“. Пространствената ориентация и мислене са необходими за ефективното и безопасно изпълнение на полетната задача, особено при управлението на БЛА, където пространствената отдалеченост на оператора и БЛА води до сензорна депривация и невъзможност да се почувстват въздействията на външната среда върху летателния апарат и неговия оператор.

2. Сензомоторни функции чрез тест „**Sensorimotor coordination**“. Този тест позволява да се направи оценка на координацията око-ръка, ръка-ръка, око-ръка-крак в тридимензионалното пространство, подходящ за използване при подбор на летателен състав, включително оператори на БЛА.

3. Бдителност чрез тест "**Vigilance (VIGIL)**". Тестът се използва за оценка на вниманието при изпълнение на продължителни и монотонни задачи, при които може да настъпи умора и влошаване на професионалното представяне. Умението на човек да поддържа оптимални нива на внимание и бдителност при липса на външни стимули е от изключително значение за ефективното и безопасно управление на БЛА.

4. Стресоустойчивост чрез тест "Determination test (DT)". Стресът възниква като резултат от трудността на задачата, необходимостта да се поддържа вниманието и нуждата от реакция към бързо променящите се стимули. Тестът позволява да се направи оценка на стресоустойчивостта на човека-оператор и неговите възможности да се справи с изпълнението на задачата в динамични и сложни условия. Тестът може да бъде използван за оценка на поведението на ЧФ при различни нива на натоварване и стрес, и да бъде полезен при създаване и актуализиране на критерии за подбор на оператори на БЛА, където безопасността на полета играе ключова роля.

5. Петфакторен модел на личността (Big Five Structure Inventory). Тестът е предназначен за оценка на личността, чрез измерване на пет основни характеристики - емоционална стабилност, екстраверсия, отвореност за опит, съвестност и сговорчивост.

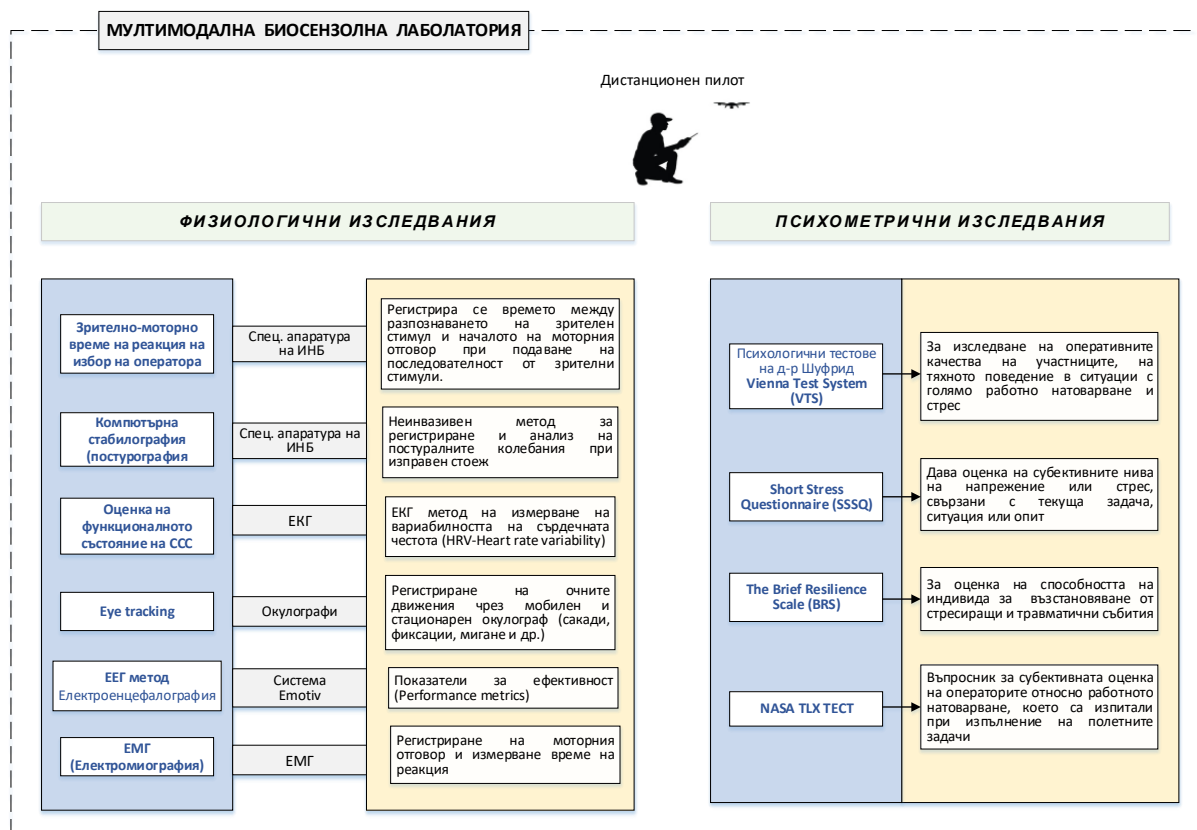
6. Multi-Motive Grid (MMG) – Тестът се използва за оценка на мотивите за постижения, власт и принадлежност, както и компонентите на мотива за постижения – надежда за успех и страх от провал.

Мотивацията е важен елемент от подбора на летателния състав, в това число и операторите на БЛА, тъй като тя оформя поведението на човека, и има въздействие върху комуникацията, вземането на решения, както и цялостното представяне.

➤ **Психометрични изследвания след полета:**

а) **NASA TLX TECT** – след полета попълване на въпросник за субективната оценка на операторите относно *работното натоварване, преживения стрес и затруднения*, които са изпитали при изпълнение на полетните задачи - тяхната субективна оценка след изпълнението на полета Изпълнител: авиационни психолози от BMA

б) **Short Stress Questionnaire (SSSQ)** и **The brief resilience scale (BRS)** – за оценка на способността на индивида за възстановяване от стресиращи и травматични събития. Тези два инструмента позволяват да се оценят субективните възприятия за психическата устойчивост на оператора и могат да бъдат полезни при оценка на успеваемостта на начинаещи пилоти при многократни симулационни тренировки на кризисни ситуации.



Фиг. 3. Методи, апаратура и изследователски техники за МБСЛ

Ролята на човешкия фактор в осигуряване на авиационната безопасност е определяща, тъй като всички процеси по организирането, осигуряването и осъществяването на летателната дейност на БАС се осъществява от специалисти с различен профил и дейност. Високото психологическо натоварване, голямото количество актуална информация, недостатъчното съответствие между уменията на дистанционния пилот и характеристиките на БЛА и сложността на изпълняваните задачи, могат съществено да понижават надеждността на БАС.

Заклучение

На настоящия етап използването на БЛА е едно от най-перспективните направления в областта на новите технологии. Все повече се разширяват техните приложения в гражданската област за наблюдение, прогнозиране, откриване и оценка на щетите при бедствия, аварии,

техногенни катастрофи; патрулиране на държавната граница, изследване на замърсявания във почвата, водите и атмосферата; проследяване на състоянието на растителността; аерофотограмметрия; управление на трафика и т.н. България като член на ЕС и НАТО има ангажимента и възможностите да осъществява изследвания в областта на БАС, да провежда обучение на екипи (екипажи) на БЛА, както за военни, така и за граждански нужди, което ще бъде в съответствие с разработваната от Евроконтрол концепция за използване на БЛА.

Целта на МБСЛ е да покажат ролята на човека в осигуряване функционирането на БАС като основен фактор за безопасността и ефективността на БЛА. Интердисциплинарният характер на предлаганото проучване определя голямото разнообразие и обхват на различните методи и подходи, които обединяват усилията на специалисти от различни сфери на авиационното познание и безопасност: инженери, авиационни лекари, психолози, физиолози. Това непосредствено се свързва със следните насоки и задачи в изследванията на ЧФ:

– Изследване и моделиране на човека-оператор като компонент на сложна информационно-управляваща система (в частност БАС);

– Разработване на методика за комплексна оценка на ЧО при управление на БЛА, включително в критични ситуации;

– Създаване на експериментална БАС с работно място за дистанционен пилот;

– Изграждане на мултимодална биосензорна лабораторна станция с многопластов анализ на данни за изследване на функционалното и психо-емоционалното състояние на ЧО;

– Прилагане на съвременни неинвазивни физиологични методи за създаване на методика за комплексна оценка на функционалното състояние и оперативните качества на оператори при управление на БЛА;

– Изследване на оперативните качества на ЧО и анализ на неговото поведение в ситуации с голямо работно натоварване и стрес с използване на психологичните тестове;

– Създаване на сценарии за аварийни ситуации в полет с различни нива на трудност на полетната задача в полетен симулатор;

– Разработване на концепция и методика за работа на ЧО при управление на БЛА, работещи в критични ситуации, свързана с подбор, обучение, тренировки;

– Прилагане на практика резултатите във военната и гражданската безпилотна авиация.

Благодарности: Настоящият доклад е изготвен в рамките на задача. 1.1.6 от ННП „Сигурност и отбрана“ (приета с ПМС №731 от 21.10.21 г.) и съгласно Споразумение № Д01-74/19.05.2022 г. между МОН и Институт по отбрана „Проф. Цв. Лазаров“.

Литература:

1. Wickens, C., Helton W., Hollands J., Banbury S., Engineering Psychology and Human Performance, Copyright 2022
2. Getzov, P., Z. Hubenova, D. Yordanov, W. Popov, Modeling of the Human – Operator in A Complex System Functioning Under Extreme Conditions, Journal Aerospace Research in Bulgaria, V. 25, pp. 206–227
3. Wiener, E. L., & Nagel, D. C. (Eds). Human factors in aviation. California: Academic Press Inc, 1988, 684 p.
4. Сотиров, Г., З. В. Хубенова, П. Гецов, Анализ и оценка на човешкия фактор при експлоатация на безпилотни летателни системи, НЕМУС 2018, И-во: Институт по отбрана „Проф. Ц. Лазаров“
5. Rasmussen, J. 1986. Information Processing and Human-machine Interaction: an approach to cognitive engineering. New York. Elsevier Science Ltd.
6. Metodiev, K., Unmanned Aerial Vehicle Mission Simulation in Flightgear, Nineteenth International Scientific Conference, SES-2023, Proceeding, pp. 113–118
7. Хубенова, З., К. Методиев, Г. Сотиров, Л. Алексиев, Изследване на човешкия фактор в безпилотните авиационни системи за мониторинг в критични ситуации, SES'2023, PROCEEDINGS SES 2023, ИКИТ-БАН, 2023 Стр.130–136
8. Yordanova, Y., T. Pulev, K. Kirilova, M. Ruteva, K. Stambolieva „Sport experience and visual motor reaction time of boxers“. Journal of Physical Education and Sport, 23, 5, Art.146, 2023, ISSN:2247806X, DOI:10.7752/jpes.2023.05146, pp. 1176–1181
9. Христова, Л., К. Стамболиева, В. Бачев, А. Косев “Неинвазивен метод за анализ и оценка на двигателната активност на периферни мускули” Сп. Медицина и спорт, 7 (2), pp. 20–25, 2011.
10. Vienna Test System, SCHUHFRIED, <https://www.schuhfried.com/vienna-test-system/>
11. Aleksandrova, D., L. Aleksiev, D. Ivanova, Sotirov G., Z. Hubenova, K. Metodiev, Contemporary Methods for Assessing the Cognitive Load and Psycho-emotional State of Operators of Unmanned Aerial Vehicles: a Pilot Study, Official Journal of the Bulgarian Society of Neurosonology and Cerebral Hemodynamics, Volume 20, Number 1, 2024, pp.15–26