

ЧОВЕШКИЯТ ФАКТОР В ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА БЕЗПИЛОТНИТЕ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ

HUMAN FACTOR DURING EXPLOITATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР В ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЗПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Д-р Алексиев Л. С. д.м.н., Д-р Дошев С.П.

Военномедицинска академия – Център по военномедицинска експертиза и авиационна медицина – София – България

SUMMARY : Development and exploration of unmanned aircraft vehicles (UAV) for many years displayed high level of accidents, with almost 80 % participation of Human factor. Our presentation displayed some historical aspects and the essence of Human factor in the aviation system. Basic contemporary problems of Human factor during exploitation of UAV and approaches for compensation of adverse effects for operators / pilots at their control and management were discussed. Discussion concerning future relationships between UAV with the Human factor also was conducted.

KEYWORDS: UNMANNED AERIAL VEHICLES, HUMAN FACTOR, FLIGHT SAFETY, AVIATION PSYCHOLOGY.

1. Въведение

Безпилотните летателни апарати (БЛА), известни като: unmanned aerial vehicles (UAV), drones, remotely piloted vehicles, unmanned airborne vehicles и др. под., макар и дълго подценявани, имат немалка история и разностранно приложение във военната и гражданската области. Трябва да се различават от ракетите, защото са с възможност да бъдат контролирани, да имат поддържан във всяко отношение полет и са с определен вид двигател (1,2,3,4,5,6,7).

Тъй като отговарят предимно на изискването да няма риск от загуба на живота (на оператора), тяхното развитие винаги е следвало и следва темпа на технологичното развитие изобщо (1,2).

Историческа справка: Най-ранното регистрирано използване на БЛА за военни действия е станало на 22 август 1849 г., когато австрийската войска е атакувала Венеция с балони без човек в тях и с товар от експлозиви. Първите БЛА с предназначение на “aerial torpedos” са създадени по време и малко след I-вата св. война. На 12.09.1916 г. Hewitt-Sperry Automatic Airplane, известен като “летящата бомба”, на правил първия си полет, демонстрирайки концепцията за unmanned aircraft. Контролът му се е извършвал по жироскоп. Следват ранни успехи с радиоконтролирани безпилотни мишени. Произведените голям брой RC-мишени на базата на двуплощник-трениер с името “Queen Bee” са добили в последствие термина “drone” за всички БЛА. През 1940 г. са произвели близо 15 хиляди БЛА (drones) за армията на САЩ през II-та св. война. Именно в Van Nuys Radioplane factory през 1944 г военен фотограф вижда и заснема Норма Джейн, която скоро след това сменя името си на Marilyn Monroe. През 1941 г. на drones “Project Fox” са инсталирани ТВ-камери. Още по време на войната са произведени летящи мишени с реактивен двигател - T2D2-1 Katydid. След войната се разработва сериозна серия от ВТТ (Basic Training Target), които са били на въоръжение до края на 20-ти век. През петдесетте години се създават БЛА, които развиват скорост над Mach 2 (Q-4, AQM-35). По-късно се създават БЛА с разузнавателна цел, които се използват успешно през 60-те и ранните 70-те години на миналия век в Китай, Северна Корея и Виетнам. Модерните БЛА се изстрелват по различни начини – от самолет, релса, катапулт. Най-малките от тях могат да се запускат от бърджи катапулт. Днес в ерата на роботизираните военни действия от сериозните БЛА внимание заслужава Predator RQ-1L, който най-напред е използван през 1995 г. на Балканите, а после в Ирак и Афганистан. Друго широко направление в развитието на БЛА е тяхната миниатюризация и създаването на “micro air vehicles – MAVs”. Същевременно е разработено направлението

на БЛА за продължителна мисия – endurance UAV, известни като HALE –high-altitude long-endurance UAVs.

БЛА изпълняват и много полезни “домашни” задачи: наблюдение на границите (напр. благодарение на Predator-БЛА САЩ за около 6 месеца арестуват около 2000 нелегални имигранти и залавят около 4 тона марихуана); откриване на международни престъпници; търсене на изпаднали в беда и оцеляващи при бедствия; при борба с горските пожари; инспекция на петролопроводни и газопроводни; инспекция на разпръсването на пестициди от фермерите; пощенски услуги; в метеорологията и археологията и др.

2. Предпоставки и способности за решаване на проблема

ВНЕЗАПНОТО УВЕЛИЧЕНИЕ НА ИЗПОЛЗВАНЕТО НА БЛА СЕ СЪПРОВОДИ С ГОЛЯМ БРОЙ НА КАТАСТРОФИ С ТЯХ!

RQ-1 Predator реализира 32 злополуки на 100 000 пролетени часа, RQ-2 Pioneer 334 злополуки на 100 000 часа, а армейският RQ-5 -55 на 100 000 часа. Общо в авиацията става средно 1 катастрофа на 100 000 часа. Следователно надеждността и полетната сигурност на БЛА трябва да се повишават чувствително в бъдеще, за да достигнат нивото на пилотираните летателни апарати (1,4,6).

Проучванията на обстоятелствата и причините при катастрофите с БЛА показват, че честотата на Човешкия фактор в тях е висока – при ВВС – 79%, при ВМС – 62%, а при сухопътните ВС – 39%

Под понятието „Човешки фактор” (ЧФ) се разбира *човешкото съществуване с неговите грешки, лимитациите от естеството на природата му и сложните му взаимоотношения с околната среда, в която действа то – в случая – авиационната система.*

Или това означава, че:

1. На психиката е присъщо да грешни.
2. Човешкият разум е ограничен, егонистичен и несигурен.
3. Човешкото съществуване като участник в космическия свят не може да се реформира. Могат да се реформират структурите, процедурите и самите взаимоотношения на човека в системата.

Най-общо казано ЧФ касае човешкия елемент в жизнения цикъл на системата. ЧФ се отнася до всички аспекти на дадената система: концепция за развитието; дизайн; тестване и оценка; процедури; организация; технология; поддръжка; тенденции.

Най-важните дименсии на ЧФ са: ефективност (цел на постижението); дейност (ситуативна бдителност, вземане на решение, анализ на дейността); работно натоварване; взаимодействие между човека и машината (дизайн на

интерфейса); междуличностово взаимодействие (екип, култура, разпределение на колаборацията); ергономия (дизайн на работното място); сигурност; човешки сили (Human Resources), тренинг. (1).

ОСНОВНИ ЛИМИТАЦИИ НА ЧОВЕШКОТО

СЪЩЕСТВО: а) Невъзможност за възприемане на определени видове информация. б) Сензорните системи имат свои ограничения. в) Влияние на вижланса (бдителността). г) Практическа едноканалност на възприемането на информацията. д) Лесно насищане на оперативното поле при разтренираност. е) Ранимост на краткотрайната памет. ж) Очакванията (експектациите) водят до пропускане на по-малко вероятни събития. з) Необходимост от психичен резерв (оперативен капацитет). и) Той не е постоянен. й) Поява на неоптимални психични механизми при пренатоварване. к) God it made syndrom. (5).

При изпълнение на летателна задача човекът (оператор) трябва да обрботва :

1. ПАРАМЕТРИ НА СЪСТОЯНИЕТО НА СИСТЕМАТА:

1.1. Оперативни /Intrinsic parameters/:

- действие на подсистема или компонент.
- условия на използване на подсистема или компонент.

1.2. Конфигурационни .

1.3. На текущата дейност /Instantaneous performance parameters/.

1.4. .На интегративната дейност.

2. КОНТРОЛИ:

2.1. Селектори за промяна на конфигурационните параметри .

2.2. Управляващи контролери.

2.3. Уточняващи контролери – променят оперативните параметри

3. ЕКСТЕРНАЛНИ (ВЪНШНИ) ПАРАМЕТРИ:

3.1. На околната среда .

3.2. Смушения при внезапни промени на параметрите на околната среда.

4. ДОПЪЛНИТЕЛНИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ ПАРАМЕТРИ:

4.1. Control setting indication

4.2. Аларми за привличане на вниманието към поява на абнормни условия на дейност (8).

При управлението на БЛА не се възприемат редица фактори на полетната среда – промени в парциалното въздушно налягане, намаление на O₂ –съдържание, ускорения, вирации, турбуленция, шум на двигателите, светлинни ефекти от слънцето или облаците, температурни промени, собствени усещания за дискофорт, вестибуларни дразнения и др. под. (4,5).

ДНЕШНИТЕ ОСНОВНИ ПРОБЛЕМИ ОТНОСНО

БАЛАНСИРАНЕТО МЕЖДУ АВТОМАТИЗАЦИЯТА И ЧОВЕКА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА БЛА ВКЛЮЧВАТ: а) дизайн на интерфейса; б) работно натоварване; в) системи за сигурност; г) подбор на екипажа; д) степен на автоматизация.

АВТОМАТИЗАЦИЯТА е безспорен фактор за повишаване на сигурността и надеждността на ЧФ! Сегашните системи на БЛА се различават помежду си драматично по степента на автоматизацията на полетния контрол: 1) джойстик, педали и монитор с информация от камерата на БЛА; 2) избиране на желани параметри от оператора чрез интерфейс и 3) пълна автоматизация при автопилот след предварително програмиране. Два са аргументите за автоматизацията на операторски функции: 1. Елиминиране на човешката грешка при високо рисков операции 2. Редуциране на работното натоварване на оператора и пренасочване на физическите и психическите му ресурси към други дейности. При всички БЛА най-големият брой произшествия се реализират при излитане и кацане.

Базисен принцип е фактът, че операторът/пилотът на БЛА е в “сензорна изолация” от летателния апарат за разлика от пилота в летателно средство. Възприятият са като през тръба – без достатъчно информация за околната среда. Това изисква зрително въображение за компенсиране на възприятния

дефицит. Изследванията и разработките за преодоляване на този феномен вървят в различни направления: а) идентификация на специфичните начини, по които тази изолация влияе на оперативната дейност. б) разработка на дисплеи, които биха компенсирали липсата на директна сензорна информация от околната среда, напр. да реагират на турбуленции.. в) мултиmodalни дисплеи за компенсиране на когнитивното и перцептивното натоварване – напр. тактилни и аудио-дисплеи за поддържане на бдителността на операторите към сризове в системите. г) разработване на говорни команди. Предстои изясняването кои дейности на оператора да бъдат автоматизирани и в каква степен – полетен контрол, детекция на трафика, откриване на срыв или повреда и др. под. Особено важен е проблемът и за действие на оператора на БЛА при загуба на връзка с БЛА и използване на параметрите на системата на Air Traffic Control на съответната територия.

Създаването на подходящи дизайни на мониторите и ефективна автоматизация води и до снижаване на финансовите разходи за изграждането на системите за БЛА и до възможността един оператор да контролира повече полуавтономни БЛА едновременно. Това води до проучване и на числеността и структурата на екипа. (1,3,4,6). И все пак човешката грешка остава винаги възможна – напр. при планирането на мисията или при поддържане на операциите.

В допълнение автоматизацията носи риск от срыв на автоматизацията. Увеличението на нивото на автоматизация води до спадане на прозрачността на системата, а тя - до намаление на операторската бдителност към ситуацията, ако операторът интерпретира грешно или не е внимателен към дейностите на системата и създаде неточен или непълен мисловен модел на полетната обстановка или тактическата ситуация. Спада и доверието на оператора към системата.

Има данни, че автоматизацията може и да увеличи работното натоварване поради приемането на ролята на супервайзер, като не се забравя, че именно поддържането на вниманието за дълго време е една от човешките природни лимитации и дейностите в такива случаи се изпълняват най-лошо.

СТЕПЕНИТЕ НА АВТОМАТИЗАЦИЯ се разглеждат едновременно в две направления, всяко от които има два полюса: а) вземане на решение –от оператора или от системата; б) основен полетен контрол – мануално или автоматично.

Напр. БЛА Predator е със система на наземен контрол, която наподобява на пилотиране в кокпита на ЛА – изображения на плана на мисията и на полетната обстановка са дадени на монитор, а операторът контролира всички операции от излитането до казането мануално чрез джойстик, педали, клапи и т.н. Global Hawk пък е напълно автоматизиран, но операторът може да се намесва в контрола и мисията. Но и при двете системи отговорността и вземането на решение са приоритет на оператора, който следва да *планира и да има в предвид*: възможностите и ограниченията на конкретния БЛА; възможностите за комуникация; височина и свързаните с нея възможности за детекция на целите и качество на изображението; пространството на трасето; основна скорост и резерв от допълнително време; развитие на метеорологичната обстановка; големината на зоната на издирване; разположение на вражеските сили и техните възможности. От оператора се изисква висока гъвкавост за бърза промяна в мисията и способност за справяне при недостатъчна информираност. Същевременно високата автоматизация предразполага към склонност да се търсят и откриват очаквани обекти и събития, а пък да се пропускат неочаквани промени и обекти. Тя налага и добра предварителна натренираност към действия при грешки и сризове в системите на автоматизация и бдителност и дори очакване на такива събития.

ВЗАИМООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЧОВЕК И МАШИНА

Като проблематика то касае преди всичко операциите с голяма продължителност и висока автономност на системите. Обръща се внимание на следните фактори:

1) **ПРИНЦИПИ НА ДИСПЛЕИТЕ.** Според Wickens and Holland (2000) авиационните дисплеи следва да отговарят на следните седем принципа на: информационната нужда (най-често изискваната информация трябва да се представя на най-удобното място); четливостта (контраст, осветеност, просветлявания, обем); интеграцията/близостта (подлежащите на интеграция информационни източници следва да се разполагат физически близко на дисплея); изобразителен реализъм; подвижната част (подвижният елемент на дисплея да кореспондира на аналога си в операторския мисловен модел); предсказване; дискриминативност.

Австралийски оператори на Global Hawk през 2001 година оценили състоянието на дисплеите и контролерите като съдържателно невъзприемливи. Така например те дали крайно ниска оценка на: обзавеждането на работното място, осветеността, климатичната поддръжка, нивото на шумност, свободата на движението, използваемостта на дисплеите и индикаторите, използваемостта на контролерите и менюто, достъпа до дисплеите, индикаторите и контролерите (3).

2) **СЕНЗОРНА ИЗОЛАЦИЯ НА ОПЕРАТОРА.** Операторите на Global Hawk в Австралия дават нисък рейтинг на мониторите и по отношение на възможността за откриване и диагноза на абнормни условия на БЛА. Счита се, че инсталирането на мултисензорни интерфейси несъмнено е от полза, но поставя някои въпроси, като напр. - дали мултисензорните дисплеи ще бъдат също така ефективни и в ситуация, при която операторът има по-малък контрол върху летателното средство? Или дали тренираният пилот благодарение на предишния си летателен опит би имал повече полза от такива източници на информация отколкото един непилот? А също и дали сходните на приборите в летателен апарат с човек на борда са от полза за оператора на БЛА или по-добре би било да се използват по-ефективно източниците на вниманието му? (3,1,4).

3) **ДАННИ И ИЗОБРАЯВАНЕТО ИМ.** Преминването към нетуърк – центрирани операции поражда проблема със **закъсняването на звена от информацията и дори пропадане на информация.** При използването на БЛА този проблем нараства поради интерференцията на данните с контрола върху летателното средство. Наистина проблемът е относително по-малък при системите с почти пълна автоматизация, но и при тях той се обостря при необходимост от промяна на управлението и навигация по точки на трасето. Условието на околната среда и доста обърканата визуална сцена могат да създадат картина, която е трудна за интерпретиране. Някои изследователи предлагат, че този проблем би се заобиколил, ако изпращаната информация е само за критична дейност. Това пък поражда въпросите около изобразяването на критични параметри относно: размера на полето, фактор на увеличението, използване на цвят, пространствено разрешение, моно- или стереоскопично наблюдение, насока на наблюдението, разположение и прицелване (3).

Друг начин за преодоляване на проблемите с изобразението на информацията е използването на дисплеи с наслагани графики. Например - наслагване на мрежа върху изображението, с което се получава по-добър контрол на скоростта на БЛА. Също интересен подход е използването на SCS (SmartCam3DSystem) – комбинация с компютърно генерирано 3-дименсионално изображение и представяне с Picture-in-Picture (PIP) наслагване. Подобен тип изображения са използвани в космическите соваки и при визуализации за медицински и научно-изследователски нужди.

Но предстои да се установи степента на наслагването за оптимална интерпретация на изображенията от БЛА.

Особено внимание се обръща и на опасността операторите да имат прекалено голямо доверие на този тип изображения.

Не по-малка е опасността от стеснение (tunneling) на възприемливите дейности върху синтетичната визуална символика с игнориране на сензорните изображения и последващо объркване на контрола на БЛА.(1,3,7).

4) **РАБОТНА БДИТЕЛНОСТ** Налице са много фактори, които могат лесно да доведат до снижаване на бдителността към актуалната ситуация в момента. За поддържане на активно внимание през цялото време на контрол на БЛА има два подхода: използване на скъпо струващи модификации на дисплеите и процес на селекция на екипа и тренинг на операторите за използване на специфични техники за поддържане на концентрацията и будността на вниманието.

Допълнително остава да се определят: продължителността на времето, в което операторът може да мониторира сигурно състоянието на БЛА, както и идеалният период на възстановяване и почивка.

УПРАВЛЕНИЕ НА КОНТРОЛА НАД БЛА

1) **ПРОЦЕДУРИ НА ПРЕДАВАНЕ НА УПРАВЛЕНИЕТО.** Те се отнасят предимно за БЛА с голяма продължителност на мисията. Предаването на управлението може да бъде: а) между операторите; б) между поддържащия персонал и в) на целия екип.

Трансферът на контрола е признат за фаза от управлението на БЛА с висока рискова критичност и високо работно натоварване. От друга страна това е най-ефективният начин за поддържане на висока бдителност на екипажите през целия период на дълготрайни мисии на БЛА.

2) **ЕКИПАЖ.** Увеличаването на автоматизацията на БЛА-системи повдига въпроса за необходимия брой членове на екипажа и уменията, които трябва да притежават, за да се заемат със задълженията по управлението на БЛА. Става въпрос за квалификационните изисквания на пилотите на БЛА. Аранжирането на екипажите варира съобразно ролята на специфичните системи.

Екипажът на Predator включва:

- “Вътрешен” пилот – контролира БЛА от излитането до кацането. При по-продължителни мисии операторите са двама, като единият е в ролята на командир на мисията и не е задължително да е авиационен инженер (най-често е разузнавач).
- Сензорен оператор.
- Радарен оператор.
- Оператор по предварителното разработване и планиране на мисията и комуникациите.

Екипажът на Global Hawk е по-голям, като в него са включени техник по контрола на качеството на изображението и техник по поддръжката.

Видимо технологията е основния двигател на развитието на ролите на членовете на екипажа(1,2,3).

3) СЕРТИФИЦИРАНЕ НА ОПЕРАТОР НА БЛА

Дали операторът трябва да има висока квалификация на пилот, зависи от естеството на операцията (мисията на БЛА) и от вида и големината на системата.

Предварителният летателен опит е показал на практика полза при разузнавателни операции и при поддържане на сензорите за мишената.

Самият преход на пилота към усвояване на БЛА-система може да бъде труден. Трябва да усвои нови тип дисплеи, да води БЛА с много по-малка визуална информация, получавана от камера от БЛА, а също така са възможни отрицателни преноси на навици от предишния летателен апарат.

Действително управлението на високо автоматизирани системи БЛА може да не изисква от оператора да бъде опитен пилот. Но все пак опитните пилоти имат по-големи умения да открият, кога информацията от наличните дисплеи не е еднаква с техния мисловен модел на поведението на БЛА.

ОКАЗВА СЕ, ЧЕ ПО ОТНОШЕНИЕ НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР И БЛА НИЕ СМЕ В СИТУАЦИЯТА, В КОЯТО СЕ Е НАМИРАЛА АВИАЦИЯТА ПРЕЗ ПЪРВАТА СВЕТОВНА ВОЙНА, КОГАТО МНОГО ПИЛОТИ СА ЗАГИВАЛИ КАКТО ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА БОЙНИ ЗАДАЧИ, ТАКА И ПРИ ТРЕНИРОВКИ, ЗАЩОТО НЕ Е

ИЗВЪРШВАНА МЕДИЦИНСКА И ПСИХОЛОГИЧЕСКА СЕЛЕКЦИЯ.

3. Заключение

Изхождайки от сегашното й развитие можем да приемем, че бъдещето на проблематиката на ЧФ при БЛА върви в следните насоки :

1. Автоматизирането и усъвършенстването на системите на БЛА ще продължат да водят до минимализиране на информационното свръхнатоварване на операторите и до редуциране на инцидентите от фокусирано внимание.
2. Въвеждане на интелигентните адаптивни интерфейси (IAI) като следващото поколение на компютърни алгоритми, които ще подпомогнат операторите при възприемането на околната среда и състоянието на самия БЛА. Тези интелигентни агенти имат предимствата на моделирането на човешкото поведение. Те сами по себе си не са Човешки фактор - ЧФ е налице при взаимодействието между оператора и IAI. А това води и до разглеждането на философията на човешкото взаимодействие с интелигентни системи. Използването на БЛА води и до изследване на етичните, правните и социални въздействия на системите на БЛА.
3. Проучвания на ЧФ с фокусиране върху философията на човешкото взаимодействие с интелигентни системи и търсене на отговор на много въпроси:
 - Какъв ще бъде дизайнът на следващото поколение на БЛА?
 - Може ли машината да притежава отговорност?
 - Може ли машината изобщо да се приспособи към обществените правила и норми и съответно да се интегрира успешно в това общество?

- Какви са социалните, правните и морални въздействия на автономните интелигентни машини върху нашето общество?
- Как правителствата и военните ще се защитават от автономните интелигентни машини?

Литература:

1. Farrell Ph. S.E. Human Factors Issues related to Uninhabited Vehicles and Autonomy. National Defence Headquarters, Ottawa.
2. History of unmanned aerial vehicles – Wikipedia.org./2008.
3. Hopcroft R., E. Burchat, J. Vince. Operation of Unmanned Aerial Vehicles: Human Factors Issues. Published by Commonwealth of Australia, Victoria, 2006.
4. McCarley J. s. & C. D. Wickens Human Factors Implications of UAVs in the National airspace – Technical Report, prepared for Federal Aviation Administration, Savoy, Illinois, 2005.
5. Skyenna O. Introduction to human factors. Human limitations. In HFSM -40th International Course, Institute of Aviation Safety, Stockholm, 1993.
6. Tvarayanans A.P., W.T. Thompson, S.H. Constable. Human Factors in Remotely Piloted Aircraft Operations: HFACS Analysis of 221 Mishaps Over 10 Years, Aviation, Space and Environmental Medicine, Vol. 77, № 7, July 2006.
7. Tvarayanans A.P.. Human Factors Systems Integration in Remotely Piloted Aircraft Operations., Aviation, Space and Environmental Medicine, Vol. 77, № 12, December 2006.
8. Wanner J. C., N. Wanner, The Human Factor and Safety, IFSA, Paris, September 1991.