

ОБУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА НА ОПЕРАТОРИ НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ С ТРЕНАЖОР SIMLAT

Зоя Хубенова, Константин Методиев

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: zhubenova@space.bas.bg; komet@space.bas.bg*

Ключови думи: човек-оператор, БЛА, тренажор, обучение

Резюме: В статията се разглеждат проблемите свързани с обучението, оценката и подбора на оператори за управление на безпилотни летателни апарати. Обсъдени са и са препоръчани основните психофизиологични и професионални качества на оператора на БЛА. Представени са експериментални данни от проведените курсове за обучение на оператори с тренажор **C-Star** на израелската фирма **Simlat**.

TRAINING AND EVALUATION OF UAV OPERATORS BY MEANS OF C-STAR SIMULATOR

Zoya Hubenova, Konstantin Metodiev

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: zhubenova@space.bas.bg; komet@space.bas.bg*

Key words: man – operator, UAV, simulator, training

Abstract: In the paper hereby, problems related to training, evaluation, and selection of operators of UAV are considered. In addition, main psychophysiological and professional qualities of the UAV operator are discussed and recommended. Experimental data taken from recent courses of operator training by **C-Star** simulator of Israeli company **SimLat** are presented.

1. Актуалност на проблема

Всяка година расте броят на компаниите, разработващи и произвеждащи безпилотни летателни апарати (БЛА). Например броят на безпилотните самолети в състава на военновъздушните сили на САЩ за 10-те предходни години е нараснал 136 пъти – от 50 единици през 2000 г. до 6,8 хил. през 2014 година. В Европа се налага схващането, че въоръжените безпилотни комплекси могат да се окажат добър заместител на бойната авиация, която в европейските страни става все по-малка, а загубите на самолети и пилоти са все по-неприемливи. Русия се опитва да догонва Европа, САЩ и Израел в създаването на безпилотна авиация, като в близките три години четворно е увеличила разработката на различни типове безпилотни летателни системи (БЛС).

Увеличава се обемът на безпилотните системи, използвани за граждански цели с приложение за решаване на различни задачи. Развитието на безпилотната авиация с гражданско предназначение се забавя поради това, че потенциалните потребители се интересуват от цялостно изградени системи, предпочитат да закупуват услуги (определен брой летателни часове) от специализирани за това компании, а и все още няма създадена нормативна база за сертифицирането на БЛА и тяхната интеграция в съществуващата система за управление на въздушното движение [1, 2].

Осигуряването на безопасност е от първостепенна важност при подготовката и изпълнението на полети с БЛА, като могат да се осъществяват полети в национално или международно въздушно пространство, във фиксирано въздушно пространство или по правилата за осъществяване на Оперативен въздушен трафик. На определено технологично

ниво е възможно полетите с БЛС да бъдат под контрола на граждански органи за управление или контролът им да се осъществява от военни органи за обслужване на въздушното движение или бойно управление [3].

Един от основните фактори за високата аварийност на БЛА е човешкият фактор, като независимо от названието си, управлението им се осъществява от екип оператори от земята или въздушен команден пункт. За съжаление болшинството специалисти, управляващи този вид техника, не притежават необходимата квалификация. Очевидно, че обучението и подготовката на персонала на БЛС – пилотът-оператор, операторът на полезния товар, обслужващите специалисти – могат съществено да повлияят на безопасността. Това налага необходимостта от разработването на единни изисквания и програми за обучение на оператори, както и надеждни средства за обучение в зависимост от различните категории БЛА. Като основно средство за обучение се използват тренажори, които осигуряват индивидуална и колективна подготовка на операторите и подобряват квалификацията им в условия на сложна обстановка – в различни ситуации/мисии и при наличие или не на особени условия във въздушното пространство в зоната на действие.

2. Професионални качества на оператори на БЛА

По настояще време управлението на БЛА се осъществява основно в полуавтоматичен режим. Болшинството операции, такива като полет по маршрут, аерофотоснимка, патрулиране на местности, екологичен мониторинг и други, протичат в автоматичен режим, което позволява на оператора да контролира работата, намирайки се на значително разстояние от обекта на управление. Независимо от това, в крайните фази на полет, като излитане и кацане често операторите са принудени да преминат в режим на ръчно управление. Повече от 70% от загубата на военните БЛА се случват заради субективни грешки на оператора [4,] като повечето аварии стават по време на кацане и сблъсък.

Значителна част от трудностите при излитане и кацане се обясняват с интуитивната реакция на оператора, който не се намира на борда на ЛА и не получава неприборна (визуална) информация: не може да чува работещите двигатели, да усеща „стремително” снижение и изкачване, не използва за ориентация периферното си зрение, понеже наблюдава обстановката чрез камерата на БЛА. По тези причини операторът е принуден да интерпретира показанията на приборите само виртуално, тъй като не усеща скоростта на полета и действащите претоварвания. Задачата на човека-оператор, включен в контура на управление и насочване на БЛА, се състои в откриване и разпознаване на зададените цели от телевизионното изображение на местността на екрана на дисплея, а също да съпровожда целта с оптико-телевизионния визьор. Естествено, възможностите и ефективността на БЛА до голяма степен се определят от способността на човека да обработва визуална информация, да реализира точни и висококоординирани действия при откриване и следене на целите.

За преодоляване на трудностите, свързани със сложността на контрола и командването (концепция за централизирано мрежово управление), е въведен стандарт за оперативна съвместимост на NATO STANAG 4586 (Standard Interface of the Unmanned Control System (UCS) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Interoperability) [5].

Работата на оператора при управление на БЛА е свързана с основно с когнитивните процеси, свързани с обобщаването и анализа на значителен обем информация, като в същото време е необходимо да притежава умения бързо да изпълнява сложни процедури и действия, да взема решения в ограничено време и едновременно да комуникира и взаимодейства в рамките на екипа. [6].

Обработката на информацията е основен подход в когнитивната психология. В този случай когнитивната система на човека се разглежда като система, имаща устройства за въвеждане, съхранение, изход на информацията при отчитане на пропускателната ѝ способност (по аналогия на компютъра). Методите на когнитивната психология са предназначени за качествен и съдържателен анализ на такива психически процеси, като мотивация, вземане на решения, целеполагане, преработка на информацията и т.н. Основни когнитивни навици в случая са показани в таблица 1.

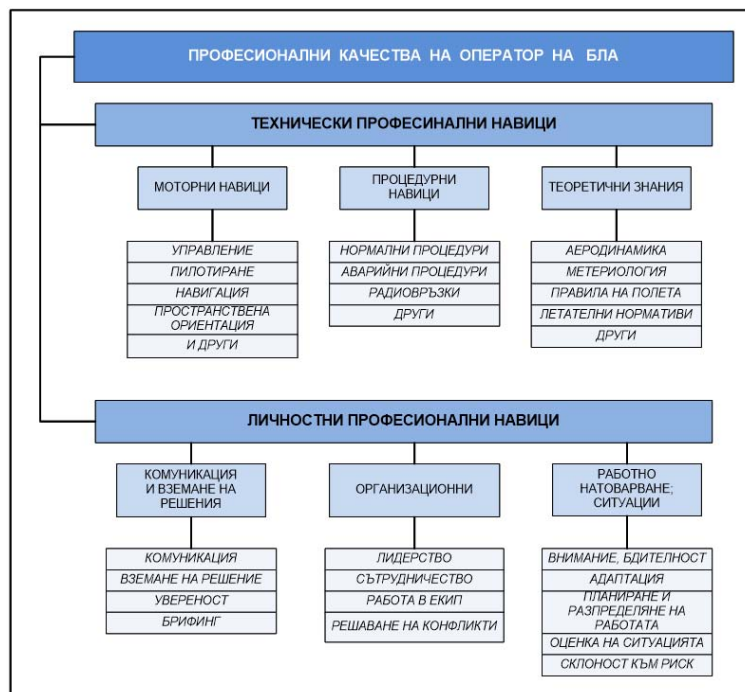
Таблица 1.

КОГНИТИВНИ НАВИЦИ	НЕОБХОДИМОСТ
<ul style="list-style-type: none"> Възприятие за разпознаване и реагиране на визуална и звукова информация 	Откриване и реагиране на възникнали отклонения от запланувана траектория на полета или мисията
<ul style="list-style-type: none"> Внимание и бдителност по време на смяната 	Свързано с периоди на интензивна работа, а при автоматичен режим и продължителен период на относително бездействие

• Обученост	Необходима за овладяване на процедурите и практиката при управление на БЛА, а също да се извличат поуки от натрупания опит
• Памет	Необходимо за правилна и бърза оценка на възникващите ситуации, както в краткосрочна перспектива за действия в реално време, така и в дългосрочна перспектива с цел интегриране на знания и процедури
• Обработка на информация	Необходимо за обобщаване на голямо количество данни за полета, промяна на времето, състоянието на машината, навигационните средства и пр. в една "картина" в съответствие с процедурите на действащата мисия
• Ситуационна осведоменост	Необходимо за успешно интегриране на цялата налична информация в даден момент, за предвиждане какво става в момента и какво ще стане в бъдеще.
• Планиране	Умение да се планира полета, за да се проследи полета на БЛА в очакваната последователност от планирания полет и мисия
• Вземане на решения	Своевременен избор на оптимални действия в конкретната ситуация, но също и оценка, какъв ще резултатът от това решение за в бъдеще

При анализа на проблемите, свързани с човешкия фактор, основно внимание се отделя на такива аспекти, като задачите, решавани от всеки оператор ("субект – процедура"), оборудването, с което разполага ("субект – обект"), и влиянието на елементите на системата на безопасността и ефективността на функциониране на системата ("субект – среда") – по модела SHELL на ICAO [7, 8].

Организацията и професионална подготовка на оператори на БЛА включва провеждане на професионален подбор на кандидатите и организация на обучението и контрола на придобитите навици и знания на базата на тренажори и обучаващи системи. За кандидатите, които се оценяват, се определя дали притежават необходимите умения за работа и доколко са склонни да бъдат поставени на подходящо място и да демонстрират по-висока производителност при дежурство (фиг. 1).



Фиг. 1. Структура на професионално важните качества на оператора (пилота)

Реализацията на образователната програма за обучение на кандидати (професионалисти и любители) е насочена към обучение и сертифициране на оператори на БЛА, приложими за използване в различни сфери – природо-ресурсен и екологичен мониторинг на околната среда, картиране, инспекция на инфраструктури обект, реклама, професионална ориентация на юноши и младежи. Комплексът за обучение включва: безпилотни летателни апарати (платформи) 2 до 3 типа; самолетна система за управление (електронна бордова

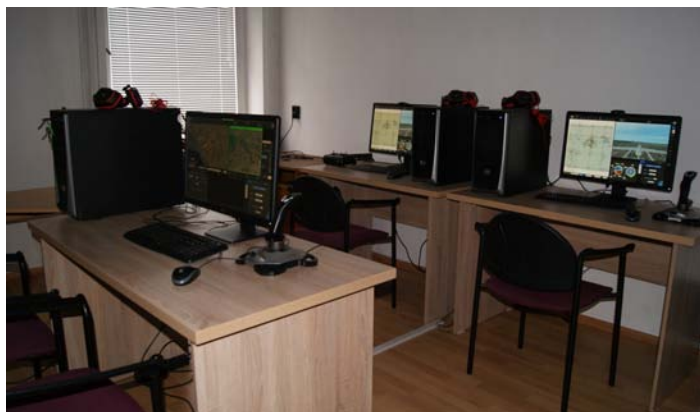
апаратура за управление, навигация и телеметрия); елементи на полезния товар за природоресурсен и/или екологичен мониторинг на околната среда (видеокамери, датчици и пр.); мобилен наземен пункт за управление на полета на БЛА (работно място на оператор); система за обучение на оператори с наземни средства за управление на БЛА на основата на тренажор, персонализиран за определена платформа, товар или мисия.

3. Тренажор C-STAR 3G на фирма Simlat

Тренажорът **C-Star** на израелската фирма **SimLat**, разположен на територията на ИКИТ-БАН, е проектиран за едновременно обучение на пилоти и оператори за БЛА като екип. Тренажорът предлага виртуална среда, която наподобява до голяма степен реалната в т.ч. и динамиката на взаимодействие между членовете на екипажа. Тренажорът дава възможност за обучение на пилоти или оператори на сензор чрез индивидуален режим на работа. В този режим инструкторът изпълнява задачите на липсващия член на екипажа. Например, при обучение на оператор на бордовия сензор, инструкторът пилотира платформата от своята станция, изпълнявайки съответните действия на пилота. От друга страна, когато обучаемият е пилот, инструкторът управлява полезния товар и взаимодейства с него по съответния начин.

Общата работна среда на системата е достъпна и разбираема за потребителя. Потребителският интерфейс е интуитивен и всеки, който е развил елементарни работни навици с конвенционална компютърна периферия може да се обучи за работа с тренажора.

На своята станция инструкторът създава сценария на мисията и контролира нейното изпълнение от обучаемите. На симулация подлежат откази на техниката и неблагоприятни метеорологични условия. Инструкторът задава модели на поведение на наземни, водни и въздушни обекти в сценария, маршрут на автоматичния полет на БЛА, вида на полетната задача (откриване, съпровождане на цели, сканиране на земен участък и др.) и накрая записва данните от обективния контрол. Софтуерният модул **PANEL** подпомага инструктора в обработката на натрупаната информация, като автоматично създава графики и диаграми, а така също и поставя оценки на обучаемите.



Фиг. 2. Общ вид на тренажора **C-Star**

Институт за космически изследвания и технологии към БАН разполага с базова версия на тренажора **C-Star**, показан на фиг. 2. Обучението на екипажи се извършва в „Лаборатория за подбор, обучение и контрол на оператори на безпилотни летателни апарати” от служители на института, които са сертифицирани за тази дейност от фирма **SimLat**.

4. Експериментални данни от проведени тренировки с тренажор C-STAR 3G

През 2016 г. се проведе обучение на три групи кандидати за оператори на БЛА от служители на МВР и МО. Общата продължителност на обучението беше 5 дни (48 учебни часа), в това число: теоретична част (13 часа), обучение на тренажор (14 часа), практически упражнения (11 часа). Накрая на курса бе проведен теоретичен изпит [9]. Групите бяха по 15 човека, като първите се състояха от мъже на възраст между 20 и 30 години. Третата група включваше и 3 жени, както и трима професионални пилоти.

Първоначално стажантите преминаха обучение по управление на ЛА на работното място на пилота, като с тренажора бяха реализирани следните задачи: излитане / кацане със стабилизация от автопилота; излитане / кацане без стабилизация; полет по зададена посока без стабилизация; полет до определена точка (по карта).



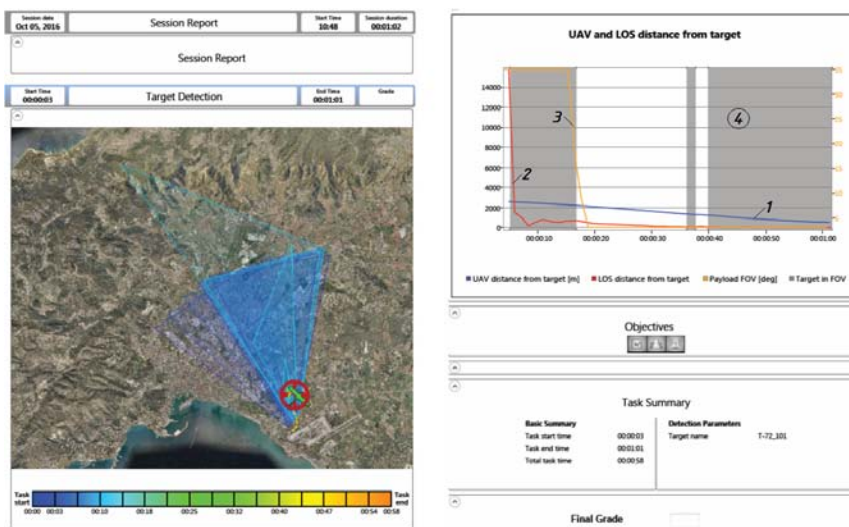
Фиг. 3. Задача за откриване на подвижна наземна цел.

Обучението на работното място на оператора на полезен товар включваше задача за откриване и съпровождане на подвижна наземна цел. Чрез модула **Panel** данните от обективния контрол се записваха в реално време. Целта на задачата бе отработване на синхронизация в работата на екипажа, а в частност – откриване на целта за най-кратко време. На фиг. 3 е показана траекторията на самолета и подвижната цел танк, който се движи по магистрала.

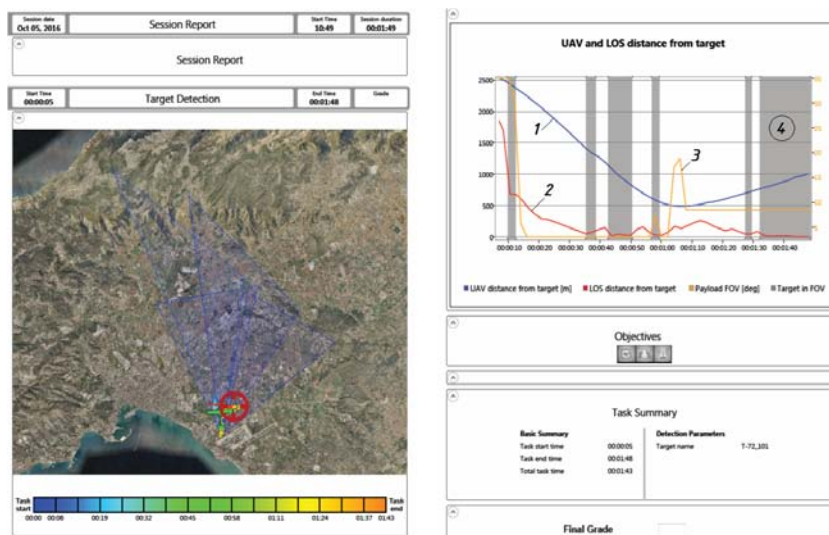
На фиг. 4, 5 и 6 са показани протоколите на програмата **Panel** с най-типични резултати на обучаеми, съответно, най-добро ниво, реализирано от професионален пилот, средно и най-слабо ниво.



Фиг. 4. Много добър резултат – професионален пилот



Фиг. 5. Средно ниво при начално обучение



Фиг. 6. Слабо представяне при начално обучение

Графиките показват ефективността на оператора на полезния товар по време на изпълнение на задачата за откриване и съпровождане на подвижна цел. Кривите на фиг. 4-6 показват следното:

- Линия 1 – разстояние от БЛА до целта [m]
- Линия 2 – разстояние между линията на обзора и целта [m]
- Линия 3 – ъгъл на обзорното поле на полезния товар [deg]
- Сиви площи 4 –целта попада в обзорното поле на сензора

Проведените изследвания показват, че операторите, имащи голяма скорост на реакции, като правило, или имат навици от управлението на транспортни средства (в частност ЛА) , изискващи повишено внимание или регулярно играят компютърни игри от определени жанрове.

Опирайки се на опита от преминалите групи е целесъобразно да се проведат изследвания на по-широк контингент оператори, като се обърне внимание на предварителния опит и квалификация на кандидатите, независимо от къде е тя – професионална, любителска, хоби и пр. Необходимо е предоставянето на по-продължително време за обучение и тренировки на симулатора (от 3-4 часа в два дни) за придобиване на такива качества, като висока скорост на реакция, минимална умора, контрол върху няколко процеса едновременно и прочие. Добре е за в бъдеще да се отчита и сравнява субективната оценка на оператора за неговата работа на тренажора.

5. Изводи

Във връзка с осигуряването на безопасността на полетите в понятието „Безпилотна авиационна система” следва да се включват и изследват операторите на БЛА, обслужващия персонал, а също и системата за подготовка на операторите.

Програмата за обучение е съставна част от комплексната програма за подготовка на операторите на БЛА, която е с акцент на практическата подготовка на кандидатите. При завършване на курса кандидатите трябва да имат изработени навици за бърза оценка на ситуацията, избор на стратегии за управление, вземане на оптимални решения в бързо променяща се среда. Формирането на тези качества и техническа култура предполага индивидуален подход към всеки участник.

Експерименталните изследвания, проведени в цел изучаване на дейността на човека-оператор с тренажора **C-Star** включваха:

- **Изследване** на дейността на човека-оператор при управление на БЛА при различни типове задачи (излитане, полет по маршрут, кацане);
- **Оценка** на алгоритъма за правилна регистрация на данните от модула **PANEL** на **SimLat**;

– **Сравняване** на данните от начално обучение на стажантите без предварителен опит в управлението на БЛА

Благодарности. Тренажорът C-Star е доставен на ИКИТ–БАН по Проект BG161PO003–1.2.04–0053 „Информационен комплекс за аерокосмически мониторинг на околната среда“ (ИКАМОС) с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика“ 2007–2013, съфинансирана от Европейския фонд за регионално развитие и от националния бюджет на Република България.

Литература:

1. Гецов, П., З. Хубенова, Г. Сотиров, Професионален подбор и тренажорна подготовка на оператори на безпилотни авиационни комплекси, THIRD INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE SCIENCE, EDUCATION, INNOVATION, Shumen, Bulgaria, 2014, Vol. 1, p. 50-63
2. Концепция за въздушно наблюдение и разузнаване с безпилотни летателни системи от Въоръжените сили на Република България, Министерство на отбраната, 2012
3. Williams, K.W. (2004). A summary of unmanned aerial aircraft accident/incident data: Human factors implications.
4. Aviation Accident History, <http://www.planecrashinfo.com/cause.htm>
5. STANAG 4586 NAVY (EDITION 2) - STANDARD INTERFACES OF UAV CONTROL SYSTEM (UCS) FOR NATO UAV INTEROPERABILITY, NATO STANDARDIZATION AGENCY, 2011
6. Langevin, S., B. Joseph , S. Straussberger , B. Guiost , G. Boy, Human-centered design methodology: an example of application with UAVs mission, <http://conferences.telecom-bretagne.eu>, 2008
7. ICAO SHELL Model is a conceptual framework proposed in ICAO Circular 216-AN31
8. ICAO: Human Factors documents, <http://aviationknowledge.wikidot.com/aviation:icao-human-factors>
9. Йорданов, Д., Летателни апарати. Системи за управление, стр. 200, ТУ-София, Мадара принт АД, 1999