

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ СРЕДСТВАТА И ПРОГРАМИТЕ ЗА ОБУЧЕНИЕ НА ОПЕРАТОРИ НА БЛА В БЕЗПИЛОТНИТЕ ЛЕТАТЕЛНИ КОМПЛЕКСИ

Петър Гецов, Зоя Хубенова, Георги Сотиров

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

Ключови думи: *безпилотните летателни комплекси, безпилотните летателни апарати (БЛА), човек-оператор, обучение, тренажор.*

Резюме: *В статията са разгледани изискванията към средствата и програмите за обучение на оператори на БЛА в безпилотните летателни комплекси (БАК). Показани са основна конфигурация и възможности на тренажор за обучение на оператор на БЛА и на екипаж (от двама оператори). В рамките на една обща методика за използване на безпилотните летателни комплекси е предложена програма за обучение - теоретичен курс, тренажорна и практическа подготовка. Разглеждат се проблемни въпроси по организацията и сертифицираното на БАК в РБългария.*

REQUIREMENTS TO RESOURCES AND TRAINING PROGRAMS FOR UAV OPERATORS IN UNMANNED AERIAL COMPLEXES

Petar Getsov, Zoya Hubenova, Georgi Sotirov

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

Key words: *unmanned aerial complex, unmanned aerial vehicle (UAV), man-operator, training, simulator.*

Abstract: *In the paper are discussed the requirements to resources and training programs for operators in unmanned aerial complexes (UAC). There are shown the basic configuration and capabilities of the simulator for training UAV instructor and crew (operator of UAV and operator of UAV payload). Within a common methodology for the use of unmanned aerial complexes is proposed training program - a theoretical course, simulator's and practical training. There are considered problematic issues in the organization and certification of UAC in Bulgaria.*

1. Актуалност на проблема – безопасност на полетите на БЛА и ролята на човешкия фактор (ЧФ).

В настоящо време във все по-голям брой страни в света се разширява използването на безпилотни летателни апарати (БЛА), дължащо се най-вече на низката себестойност и многофункционалност. Възможните сфери на приложение, извън военната сфера са твърде разнообразни: мониторинг на нефтопроводи и язовири, опазване на горски масиви, наблюдение на опасни обекти и др. Управлението на БЛА изисква широк диапазон от практически опит, в значителна степен идентичен с навигациите на летците от пилотажната авиация. От тези позиции обучението на оператори за дистанционно управляеми летателни апарати (ДУЛА) с използването на виртуални тренажори е основен етап при формиране на навигациите за управление на самолета с прилагане на съвременните възможности на компютърното моделиране, на различни авиосимулатори и тренажори [1].

Растящият брой от най-разнообразни БЛА – от най-миниатюрните до най-големите, принуждават обществото и съответните оторизирани органи в редица страни да отделят все по-голямо внимание на подготовката на пилоти от нова класа, работещи в наземни командни пунктове. По тази причина различните инстанции трябва да съсредоточат своите

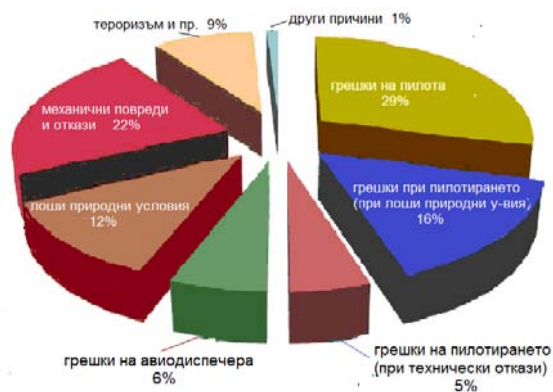
научноизследователски и развойни дейности върху по-нататъшното разработване на технологии, необходими за безопасната интеграция на безпилотните авиационни комплекси (БАК), свързано с осигуряване на защита спрямо различни видове атаки, въвеждане на прозрачни и хармонизирани аварийни процедури, създаване на капацитет за вземане на решения за осигуряване на предсказуемо поведение на летателните апарати при полет, както и за отчитане на човешкия фактор [2]

Статистиката на най-големите авиокатастрофи в света (1974-2014 г.) показва, че основна причина за трагедиите във въздуха си остава човешкия фактор (*грешките на екипажа или диспечера*). Въз основа на данните от статистиката, публикувани в Интернет [3,4], следва, че около 70% от катастрофите се дължат на «човешкия фактор», при което, примерно 50 % от тях са от грешки на пилотирането (табл. 1.):

Табл.1. Причини за възникване на катастрофи с фатален край по десетилетия (в %)

Causes of Fatal Accidents by Decade (percentage)							
Cause	1950s	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	All
Total Pilot Error	58	63	44	57	55	57	53
Pilot Error	42	36	25	29	29	34	32
Pilot Error (weather related)	10	18	14	16	21	18	16
Pilot Error (mechanical related)	6	9	5	2	5	5	5
Other Human Error	3	8	9	5	8	6	6
Weather	16	9	14	14	8	6	12
Mechanical Failure	21	19	20	21	18	22	20
Sabotage	3	5	11	12	10	9	8
Other Cause	0	2	2	1	1	0	1

Източник: база данни PlaneCrashInfo.com (<http://www.planecrashinfo.com>)



Фиг. 1. Процентно съотношение на причините за авиокатастрофите (отчетени са 1 300 авиокатастрофи по света в период 1950 - 2008 г. с над 10 човешки жертви)

безопасност се предлага от системна гледна точка описанието на БАК да се разглежда като сложна ергатична система, в състава на която са включени, освен безпилотния летателен апарат и станцията за наземно управление, операторите и обслужващия персонал, но задължително и системата за подготовка на оператори и средствата за обучение (тренажори) [5].

2. Задължения и отговорности на оператора на БЛА

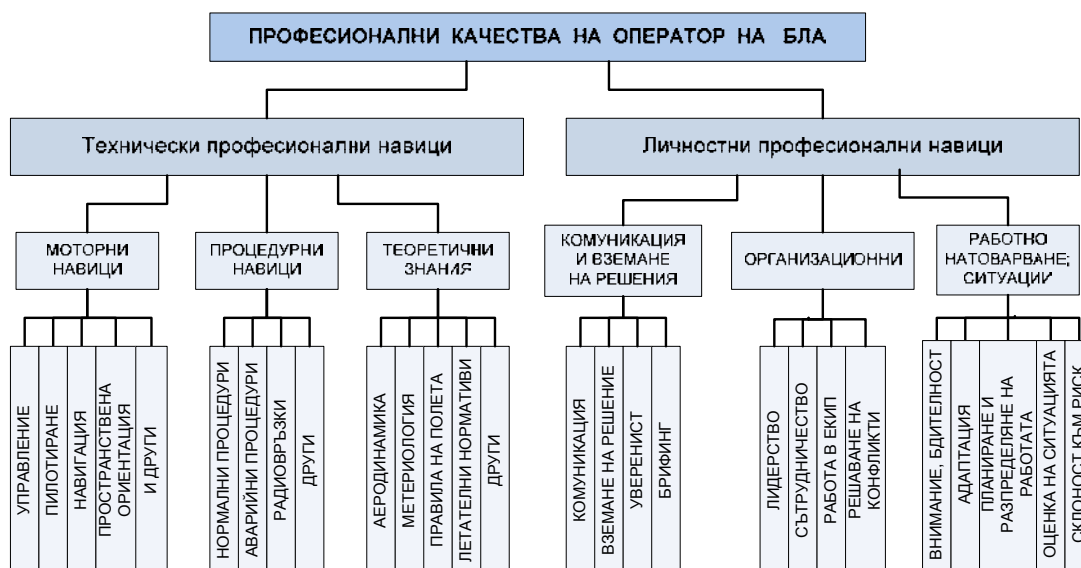
За изпълнение на полетните задачи, включително и предполетен контрол, излитане, полет по маршрут, кацане, принципно са необходими двама оператори. При това операторът трябва да знае:

- реда и правилата за експлоатация на БЛА;
- основите за управление на самолета, аеродинамика, метеорология;
- спецификата за използване на БЛА за граждански нужди за различни стопански дейности;
- правилата за радиовръзка;
- техника на безопасност при работа с БЛА.

Работната среда за управление на БЛА е силно динамична и поставя специфични предизвикателства и изисквания към операторите. Например, операторите трябва да работят продължителни периоди от време при постоянно търсене на информация за ситуацията на полета. През това време, операторът „абсорбира“ и обработва огромни количества информация, като най-вече се очаква бързо и неочаквано да я оценява и да реагира по съответния начин. В същото време да комуникира и общува с други колеги. Допълнително усложняване на ролята на оператора е високото ниво на отговорност и изискванията за безопасност, тъй като БЛА може да лети във въздушното пространство или близо до земята, като застрашава други самолети или хора. Според американската армия (Aeromedical Research Laboratory) тези предизвикателства изисква комбинация от различни умения, състоящи се от различни *когнитивни, моторни и други способности* [6].

Подбор на оператори. Подборът на лица за различни позиции, в зависимост от техните способности и умения е важна задача, която е от голямо значение и за кандидата. У нас в тази област богат опит има натрупан в *Научно-приложения център по военномедицинска експертиза, авиационна и морска медицина (НПЦВМЕАММ)* към ВМА-София, където разполагат със съответната методика и оборудване. Разработват се различни инструменти за тестване, които дават възможност да се прецени дали кандидатът притежава качествата, необходими за конкретната позиция. С колегите от *НПЦВМЕАММ* имаме дългогодишно сътрудничество в областта на изследване на човека-оператор и работата му в екстремни условия. В лабораториите им се използват разработените от нас апаратури при съвместните ни научни проекти (Плевен-87, ВеОН – 01 и др.) [7,8].

За кандидатите, които се оценяват, се определя дали притежават необходимите умения за работа и доколко са склонни да бъдат поставени на подходящо място, както и дали демонстрират по-висока производителност при дежурство.



Фиг. 2. Структура на професионално-важните качества на оператора (пилота)

Операторът трябва:

- да има готовност за управление на БЛА в съответствие с полетното задание и за действия в извънредни случаи при полет;
- да знае изискванията за безопасност на полета по планираното полетно задание;
- да знае реда за използване на документите за аеронавигационна информация, като своевременно да осъществява справка на работните данни с контролните;
- да знае реда за управление на БЛА при ограничено използване (или без използване) средствата за връзка и радиотехническото осигуряване на полетите;
- да съблюдава установените правила за радиообмен;
- да знае особеностите за пилотиране на БЛА, навигация и експлоатация на двигателите на БЛА, осигуряващи безопасността на полетите;
- да съблюдава предполетните режими;
- да проверява и приема БЛА преди полета съгласно Ръководството по експлоатация (PE);

- да анализира метеорологичната, орнитологичната и въздушна обстановка преди полета и по време на полет;
- да управлява БЛА в съответствие с полетното задание;
- да държи връзка и изпълнява командите, постъпващи от РВД, под чиито управление се намира;
- да контролира фактическото състояние на горивото (респ. акумулаторните батерии) на БЛА и разхода по време на полета;
- да съблюдава и изпълнява изискванията, изложени в авиационните правила, при подготовка и изпълнение на полетите.

3. Обучение и подготовка на операторите за полет на БЛА

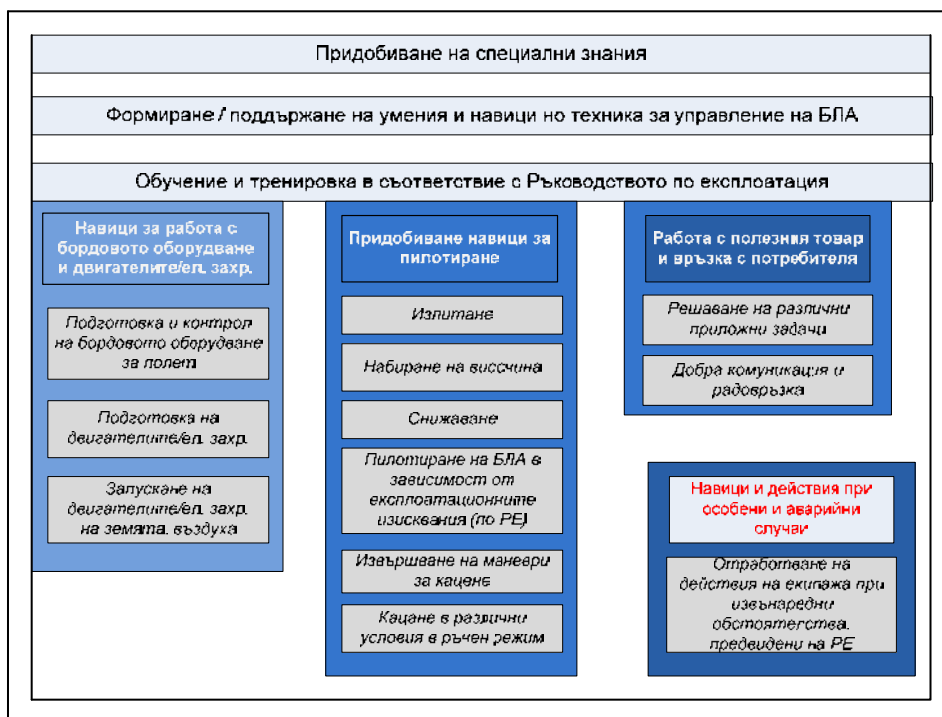
Във връзка със създаването в ИКИТ-БАН на „Лаборатория за подбор, обучение и контрол на оператори на безпилотни летателни апарати“ е предвидено оборудването ѝ с тренажор за определен безпилотен апарат (платформа), позволяващ да се провежда подготовка, както на пилоти на БЛА (UAS Pilot), така и на оператори за полезния товар (UAS Sensor Operator), в това число при подготовка в конкретни територии и при различни варианти на взаимодействие на екипажа.

Целта на обучението е: Реализация на образователна програма за обучение на кандидати (професионални летци и аматьори), насочени за управление и сертифициране на безпилотни летателни апарати (БЛА), приложими за използване им за оперативно природоресурсен и екологичен мониторинг на околната среда, а също за професионална ориентация на юноши и младежи, проявяващи интерес към авиация, екология и други технически и естествени науки. В случая под апарат се разбира най-вече безпилотен летателен апарат (БЛА), но може и да се разшири до наземни и водни платформи, носещи аналитична апаратура.

Комплексът за обучение включва:

- Безпилотни летателни апарати (платформи) – 2-3 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 всяка платформа, товар или мисия.

При работа на тренажора операторите БЛА и при разработката на програмите за обучение е необходимо да се осигури подготовка на екипажите в обем и по направление, представени на фиг. 2



Фиг. 2. Предназначение на тренажора на БАК

Тренажорна подготовка. За лабораторията бе избран тренажор тип **C-Star** на фирмата **Simlat**, специализирана да осигурява най-съвременни системи за обучение и симулатори за наблюдение и разузнаване (ISR) за безпилотни летателни системи (БЛА) [9]. Тренажорът е с възможност за включване на различен полезен товар, платформа или мисия, в зависимост от изискванията, включително симулация и интеграция на наземните контролни станции.

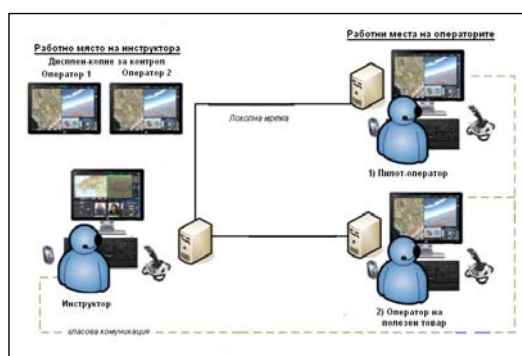
Симулационната система за обучение предлага оптимално решение за осигуряване в кратък период от време концентрирани сесии и повтарящи се задачи с различни платформи и сценарии. Предимствата на системата са:

- Няма нужда от свободна писта или свободно въздушно пространство;
- Не е необходимо подходящо време за полет;
- Няма нужда от оперативен оборудване (платформа, полезен товар, гориво и т.н.);
- Възможност да те съветва и обучава Инструктор с по-висока квалификация.

Дава възможности за проиграване и проучване на опасни ситуации:

- Възможност да се симулират неидеални условия или заблуждение, като при това се придобиват определени основни умения;
- Възможност да се обучават при извънредни ситуации по реалистичен начин;
- Възможност да се придобие опит при враждебни сценарии, които в реалността не могат да бъдат организирани (превозни средства, хора, зони с ограничен достъп).

Конфигурацията на тренажор е показана на фиг. 3 , а общия вид на фиг. 4:



Фиг. 3. Структурна схема на тренажор с две места за обучение



Фиг. 4. Общ изглед на тренажора

Технологията на обучение дава да се усвоят основните задачи като: основните елементи на полет; контрол на мисията и интерпретация, радио комуникация; работа в екип и пр. преди да преминат към следващата стъпка – управление на реален безпилотен самолет.

В нашия случай платформата е известна и постоянна, но се ще има и възможност в центъра да се обучават стажанти за различни платформи и концепция за обучение (независимо от платформа, например нов вид товар или експлоатация на системата).

Със системата **Simlat** могат да се *извършват различни изследвания*. Тези симулатори са добър и продуктивен инструмент за провеждане на експерименти, такива като инженеринг (напр. измерване на производителността на системата), човешки фактори (напр. проучване на производителността на оператора), безопасност на полета и др.

Поддържани задачи на обучението. Тренажорът **C-Star** поддържа следните основни процедури:

- Подготовка за излитане;
- Рулиране/позициониране на място на старта;
- Излитане;
- Летене/ тръгване;
- Обхождане на площта/областта на мисията;
- Работа в екип и радио комуникация;
- Мисия ISR (Surveillance and Reconnaissance (ISR): модел на полета – ръчен и автономен; EO/IR режими/работа с полезния товар; EO/IR за наблюдение и интерпретация;
- Транзит на площ Летище/аеродрум;
- Връщане/Пристигане;
- Кацане;
- Рулиране/Място за паркиране.

Поддържани приложения:

- Начално обучение
- Тренировъчно обучение
- Тренировки за Мисии
- Научни изследвания.

Симулации на:

- Платформата - БЛА
- Полезения товар /механика, оптика/
- Времето и околна среда
- Симулация на сценарии на мисии

Подготовката на операторите се състои от:

- теоретични занятия;
- обучение по програми на тренажора- симулатор **Simlat**;
- практически занятия с радиоуправляеми авиомодели;
- практически занятия с БЛА на полигон.

Система за подготовка на операторите обхваща всички страни на учебния процес и в частност: организация на обучението; разработка на учебни планове и материали за провеждане на занятия; проверка на знания; успеваемост.

Програмата за обучение е съставна част от *комплексната програма* за подготовка на операторите, която е с акцент на практическата подготовка на кандидатите. При завършване на курса кандидатите трябва да имат изработени навици за бърза оценка на ситуациите, 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. *Програмата за обучение* и подготовка на операторите принципно се разделя в 4 етапа [1]. Разработва се *Учебно-тематичен план*, включващ освен теоретични и практически часове в рамките съответно на 50-90 часа.

Ролята на човека при осигуряване функционирането на системата за БЛА е основна, заключаваща се в организация на процеса на планиране, подготовка и използване на системата за управление и оценка на резултата и ефективността от действията БЛА. Освен това, интерфейсът "оператор на БЛА-ЕИМ" в архитектурата на системата за управление се счита за главен. Важно е всички елементи и разработени процедури да бъдат подготвени и проверени на практика, да са изучени, за да осигуряват непрекъснат контрол от страна на оператора [10].

4. Организация и сертифициране на БАК

В настояще време на въпроса за организация на полетите на БЛА в общото въздушно пространство се отделя все по-голямо внимание. В ИКАО, Евроконтрола, FAA, RTCA, EUROCAE се водят дискусии на базата на какви принципи и технически решения трябва да се организират такива полети, но съгласувано решение все още няма.

Съществуват различни концепции за интеграцията на БЛА в общото въздушно пространство (ОВД). Едната концепция предполага да се разпространят на БЛА всички съществуващи норми на ОВД. Втората концепция предлага да се организират полетите с БЛА в специално определени зони.

Европейския документ на European Aviation Safety Agency (EASA) се нарича „Принципи сертификация за летелна годност на безпилотни авиационни системи (БАС)” [11]. Изложени са политиките, които определят общите принципи за сертификация на типа безпилотни авиационни системи (включително охрана на околната среда). Това е първа крачка по пътя за разработка на всеобхватни норми за гражданските БАС. Тази политика представлява междинна фаза, а материалът е предназначен да съдейства за приемането на стандартизационни процедури и сертификация в Европа.

Политика на САЩ се свежда до това, че внедряването на БАС в националната система на въздушното пространство (NAS) не трябва да причинява вреда и да обременява съществуваща националната система на въздушното пространство (NAS) - RTCA, DO-304 [12,13]. Тяхната Федерална Авиационно Администрация (Federal Aviation Administration) има издадени стандарти на САЩ (DO-344, DO-320, DO-304, AWP-2, AWP-1). В САЩ има утвърдена директива, относно процеса на получаване на сертификат за летателна годност.

ИКАО е координатор при създаването на международна нормативна база, свързана с безпилотната авиация. Основният издаден документ е Cir328 AN/190 – Unmanned Aircraft Systems(UAS) [14]. В него, като използват Стандарти и Препоръки (SARPS), допълвани от правилата за аеронавигационно обслужване (PANS) и различни инструкции, се дава фундамента, осигуряващ изпълняването на регулярни полети на БАС по света, които да са безопасни и ефективни по аналогия със пилотируемите самолети.

Особено внимание в света се отделя на различните аспекти на ЧФ и ролята му за безопасността на полетите. При разработка на програмите за обучение на операторите на БЛА е целесъобразно да се отчитат изискванията на международните стандарти и програми за

подготовка на оператори на БЛА, като: стандарти на САЩ (ASTM F 2635-07, ASTM F 2636-08); стандарти на НАТО (STANAG 4670 2006); програмите за обученията (CJCSI 3255.01 2009) и др.



Фиг. 5. Международни стандарти за подготовка на оператори на БЛА

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, 2014, Vol. 1, p. 50-63
2. Европейски икономически и социален комитет, CCM/126 Дистанционно управляеми летателни системи: „Отваряне на европейския авиационен пазар за сигурно и устойчиво гражданско използване на дистанционно управляеми летателни системи“, TEN/553-EESC2014, Н. Malosse.
3. Aviation Accident History, <http://www.planecrashinfo.com/cause.htm>
4. Статистика крупнейших авиакатастроф мира за 1974-2014, <http://forinsurer.com/public/09/07/07/3824>
5. 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, 2014, Vol. 25, p. 206-227.
6. Army Unmanned Aircraft System, Operations, Headquarters, Department of the Army, Distribution Restriction-Approved for public release; distribution is unlimited, 2008
7. Dimitrov, I., S. Tanev, P. Getzov, P. Trendafilov, H. Hristov, L. Aleksiev, S. Doshev. Scientific Research Complex for the Study of Human Operator in Extreme Conditions. RAST 2011 5-th International Conference – Recent Advances in Space Technologies, p.825, June 9-11, Istanbul
8. Алексиев, Л., Дошев С., Человеческий фактор в эксплуатации беспилотных летательных средств, Международный виртуальный журнал МАШИНЫ ,ТЕХНОЛОГИИ ,МАТЕРИАЛЫ, бр. 8-9 / 2008, стр. 64-67; http://mech-ing.com/journal/Archive/2008/tom4/18_121.alexiev-doshev.tm08.pdf
9. Full Crew Training Systems (C-STAR); <http://www.simlat.com/#!full-crew-solution/cnu3>
10. Ann Austin, Reg., Unmanned aircraft stems : UAVS design, development and deployment / British Library, UK, 2010
11. Policy Statement Airworthiness Certification of Unmanned Aircraft Systems (UAS), Doc E.Y013-01/25-08-2009; http://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/E.Y013-01_%20UAS_%20Policy.pdf
12. Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems(UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap, 2013; https://nppa.org/sites/default/files/UAS_Roadmap_2013.pdf
13. UAS Global Airspace Integration RTCA Special Committee 203 ICAO & LACAC UAS Seminar For Caribbean + South America Regions; http://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/04_Walker-John_Padina-Group_USA_for-RTCA_Presentation.pdf
14. Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir328 AN/190 ICAO, www.icao.int