БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО РОБОТИКА

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ на НАУКИТЕ 1869

ОЦЕНКА НА РИСКА ПРИ БЕДСТВИЯ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ДИСТАНЦИОННО-УПРАВЛЯЕМИ ЛЕТАТЕЛНИ СИСТЕМИ

Дисертация

инж. Стефан Христозов
Ръководител: Доц. Д-р Пламена Златева
Консултант: Доц. Анастас Маджаров

31 МАРТ 2023 Г.

Признание и благодарност

На моята съпруга Ивка, която стоически издържа всички премеждия свързани с дисертацията и не се огъна в нито един момент, поддържайки безрезервна подкрепа и дарявайки ме с Любов.

На мама.

Анотация

Предпоставка за тази разработка е все по-широката употреба на безпилотни летателни системи (БЛС) от различни индустриални потребители и служби, свързани с реакцията и оценката на риск при бедствия. Това е нововъзникваща и бързоразвиваща се концепция. Използването на дронове от любители и професионалисти, като фотографи, наблюдатели и застрахователи вече е добре усвоено занятие. Широкото им приложение е доказателство, че те са добро допълнение към инструментариума на различен тип специалисти, каквито използват службите за реакция при бедствия.

Актуалността на предложеният анализ дава инструментариум за експертиза в една бързо развиваща се сфера на авиацията, като целта е повишаване на безопасността и ефективността при тяхното използване по време на бедствия. Според начина им на приложение те срещат различни предизвикателства и към тях са отправени различни изисквания.

Различни БЛС, естествено допълват традиционните процедури и методи за операции при бедствия, включващи хора и техника, помагайки да се подсигури побезопасно, бързо и ефективно изпълнение. Тази разработка може да се ползва и от други заинтересовани експерти в развитието на национални и наднационални документи, както и в сферата на сертификацията на тези летателни системи и тяхната безопасна интеграция в въздушното пространство.

Целта е да се разгледат предизвикателствата пред осигуряването на безопасността при операции с БЛС и да се предложи аналитичен метод за анализ на рисковете, свързани

с употребата им и отношението им към останалите участници на сцената на бедствието като останат ползите им като алтернативно средство за събиране на информация в изпълнение на мисии при оценка на риска от бедствия.

Получените резултати от аналитичния метод за анализ служат за организиране и провеждане на по-успешни и безопасни операции, ще улесняват работещите при изготвянето на оценка на риска от бедствия, съответно за по-обективна оценка на щетите от нежеланите последствия. Направеният анализ, както и предложения от автора алгоритъм дават метод за оценка на рисковете в една бързо развиваща се сфера на безпилотната авиация. Предлаганият модел е приложим към бъдеща система за обслужване и управление на движението от БЛС.

БЛС могат да бъдат класифицирани по много начини, според широкия спектър от задачи, които трябва да изпълняват или според приложението им (цивилни и военни). Използвани са и класификации, основани на техни технически характеристики, като подемна сила, излетна маса, полезен товар и др. В зависимост от конкретните задачи, стоящи пред БВС, и ограничения (технически, природни и други) се поставят изисквания за избор на подходящата летателна платформа.

В обхвата на изследването е разгледана употребата на БВС от гледна точка на спасителните служби и с отчитане на всички оперативни и технически съображения свързани с безопасността и личното пространство. Разработката включва обзор на потенциални решения и модели.

Тази публикация е финансирана от Министерство на образованието и науката в изпълнение на Национална научна програма „Сигурност и отбрана“, приета с РМС № 731 от 21.10.2021 г. и съгласно Споразумение № Д01-74/19.05.2022 г.

ANNOTATION

A prerequisite for this development is the increasingly widespread use of unmanned aerial systems (UAS) by various industrial users, as well as services related to disaster response and risk assessment. It is an emerging and rapidly developing concept. The use of drones by hobbyists and professionals such as photographers, surveyors and insurance companies are now well established. Their widespread use is proof that they are a good addition to the toolkit of a variety of professionals, such as those used by disaster response services.

The relevance of the proposed analysis provides a toolkit for expertise in a rapidly developing field of aviation, with the goal of increasing safety and efficiency in their use during disasters. According to their application, they face different challenges and different demands are placed on them.

Various UAs naturally complement traditional disaster operations procedures and methods involving people and equipment, helping to ensure safer, faster and more efficient implementation. This development can also be used by other interested experts in the development of national and supranational documents, as well as in the field of certification of these flight systems and their safe integration in the airspace.

The aim is to examine the challenges of ensuring safety in UAS operations and to propose an analytical approach to analyse the risks associated with their use and their relationship to other participants in the disaster scene, while remaining their benefits as an alternative means of gathering information in performance of disaster risk assessment missions.

The results obtained from the analytical approach to analysis serve to organize and conduct more successful and safer operations, will facilitate workers in preparing disaster risk assessment, respectively for a more objective assessment of damage from unwanted consequences. The analysis made, as well as the algorithm proposed by the author, provide a method for assessing risks in a rapidly developing field of unmanned aviation. The proposed model is applicable to a future service and traffic management system by UAS.

UAs can be classified in many ways according to the wide range of tasks they have to perform or according to their application (civilian and military). Classifications based on their technical characteristics, such as lift, take-off mass, payload, etc., have also been used. Depending on the specific tasks facing the Air Force and limitations (technical, natural and other), requirements are set for choosing the appropriate flight platform.

In the scope of the study, the use of UAs from the point of view of the rescue services and taking into account all operational and technical considerations related to safety and personal space is considered. The development includes an overview of potential solutions and models.

This work was supported by the NSP SD program, which has received funding from the Ministry of Education and Science of the Republic of Bulgaria under the grant agreement no. Д01-74/19.05.2022.

СЪДЪРЖАНИЕ

..... 1

Признание и благодарност 1

Анотация 2

Annotation 4

Съдържание 5
Списък на фигурите 8
Списък на таблиците 10
Използвани съкращения 11
Увод 14
Глава I – Анализ на предизвикателствата и приложенията на БЛС 17
1.1. Разликите между БЛС – ДУЛС – Дрон 17
1.2. Концептуален модел на БЛС 18
1.3. Класификация и категоризация на БЛС 21
1.4. Бедствия и разрушителни събития 24
1.4.1. Наблюдение и картографиране 26
1.4.2. Оценка на структурната цялост 27
1.4.3. Временна инфраструктура / Доставка на провизии 27
1.4.4. Откриване и гасене на горски пожари 27
1.4.5. Ядрена, химическа, биологична защита и екология (ЯХБЗиЕ) 28
1.4.6. Търсене и спасяване 28
1.5. Контекстно осъзнаване и инфраструктурна независимост 29
1.6. Съображения за безопасността 29
1.7. Изводи по глава I 31
Глава II – Анализ на съществуващите модели за оценка на риска 33
2.1. Принципи на системата за управление на безопасността 33
2.2. Риск 35
2.2.1. Категории уязвимост – вероятностна оценка 38
2.2.2. Параметри на риска 39
2.3. Модел Bowtie/Папийонка 40
2.3.1. Диаграми за последователност на събитие (ДПС) 40
2.3.2. Анализ „Дърво на отказите“ 42
2.3.3. Представяне на сценариите за произшествие 43
2.4. Цялостен модел на риска (HRM) 44
2.4.1. Идентификация на уязвимостта (Harms) 45
2.4.2. Идентификация на опасността (Hazards) 45
2.4.3. Идентификация на основните заплахи (Threads) 45
2.4.4. Идентификация на средствата за намаляване на риска 46

2.4.5. Намаляване на последствията от опасност чрез ограничения на уязвимостите 46
2.4.6. Намаляване на вероятността от опасност чрез ограничения на заплахата 47
2.5. Оценка на специфичния оперативен риск JARUS SORA (72) 49
2.5.1. Семантичен модел 49
2.5.2. Въведение в понятието интегритет (Integrity) 51
2.5.3. Методологията на SORA се състои от десет систематични стъпки: 52
2.6. ИКАО и Създаването и прилагането на SMS в авиационна среда 54
2.7. Изводи по глава II..... 55
Глава III – Разработване на аналитичен метод за оценка на риска 58
3.1. Метод на изследването: 58
3.2. Цел на изследването 59
3.3. Задачи на изследването 60
3.3.1. Байесова мрежа 61
3.3.2. Архитектура и аналитичен метод 61
3.4. Методи – Модел за избор на БЛС в специфични условия 64
3.5. Модел с размита логика за оценка на риска и определяне на ефективността на БЛС 65
3.6. Терени и околната среда на бедствията 72
3.6.1. Терен и градски пейзаж 72
3.6.2. Мъгла и дим 76
3.6.3. Облачно покритие и валежи 76
3.6.4. Вятър 76
3.7. Избор и окомплектоване на БВС за практически изследвания 76
3.8. Заключение за избора на БВС в специфични условия 82
3.9. Изводи по глава III 83
Глава IV – Анализ на отговорността и внедряване на модела 85
4.1. Описание на извадката и обосновка. 85
4.2. Пилотното изпитване на сценарий на приложение при бедствие 86
4.3. Отчетност и ценностно-чувствителен дизайн 87
4.3.1. Референтна архитектура 89
4.3.2. Идентификация и анализ на ролите на участниците 93
4.3.3. Анализ през перспективата на отговорността 97

4.4. Система за управление на въздушното движение 98
4.4.1. Актуални предизвикателства пред въздушното движение 99
4.4.2. Внедряване на UTM 102
4.4.3. Бъдещи перспективи 103
4.5. Заключения и изводи по глава IV 104
Заключение и насоки за бъдещи изследвания 107
Предимства и предизвикателства при употребата на БЛС при бедствия 107
Методи за оценка на риска и нов размит модел 107
Модел за анализ на риска и UTM 108
Отчетност и отговорност 109
Приноси 110
Статии и проекти 111
Декларация за оригиналност и достоверност 112
Библиография 113
Приложения 120
Таблица на ААБЕС 121
Концепция за оперираане на U-space на швейцарския федерален офис за гражданска авиация (117) 122

Списък на фигурите

Фигура 1 БЛС като система от системи и отнесени към зависимостта от инфраструктура (6) 19
Фигура 2 Елементи на безпилотната летателна система (8) 20
Фигура 3 Летателно-техническите характеристики (ЛТХ) (9) 21
Фигура 4 Категории мисии с БЛС (9) 22
Фигура 5 Фази на готовност и реакция на инцидент 26
Фигура 6 Система за безопасност на въздушния транспорт 34
Фигура 7 Оценка на вероятността (72) 38
Фигура 8 Представяне на сценарии за произшествие (77) (78) (80) 41
Фигура 9 Възли на ДПС (78) (80) 42
Фигура 10 Примерно дърво на отказите (76), (80) 43
Фигура 11 Модел Bowtie/ Папийонка (софтуер BowTieXP) 44
Фигура 12 Графично представяне на „Bowtie“ на цялостния модел на риска според JARUS (72) 46
Фигура 13 Представяне на възможните ограничения на уязвимостите (предприетите мерки)

(72) .....
47
Фигура 14 Предпазни бариери или ограничения на заплахите (72) 48
Фигура 15 Семантичен модел на SORA (72) 50
Фигура 16 Графично представяне на семантичния модел на SORA (72) 51
Фигура 17 Най-общ вид на цялостния модел 60
Фигура 18 Примерна рамка на Байесова мрежа за загуба на управление (93) 61
Фигура 19 Архитектурна диаграма на алгоритъм на риска („с библиотека на модела на риска“) (93) 62
Фигура 20 Предложен опростен алгоритъм (92) (95)..... 63
Фигура 21 Йерархична размита система на три нива (92) (95) 68
Фигура 22 Функции за членство на входните променливи (92) (95) 69
Фигура 23 Функции за членство на изхода на размитата система (92) (95) 69
Фигура 24 Повърхности на подсистемата размита логика 1 (92) (95) 70
Фигура 25 Повърхности на подсистемата размита логика 2 (92) (95) 70
Фигура 26 Повърхности на подсистемата размита логика 3 (92) (95) 71
Фигура 27 Терен квартал „Експериментален” – крайградски терен 73
Фигура 28 Терен ж.к. Младост – градски терен 73
Фигура 29 Терен с. Мусачево – селски район с големи открити площи и термични течения .....
74
Фигура 30 Терен яз. Белмекен – планински терен 74
Фигура 31 Терен с. Слаковци – селото има собствена писта за излитане и кацане 75
Фигура 32 Терен „Цигов чарк” – планински терен 75
Фигура 33 T-Rex 450 Хеликоптер 77
Фигура 34 T-Rex 600 Хеликоптер 78
Фигура 35 Depron Trainer самолет 79
Фигура 36 Balsa PT-40 Самолет 79
Фигура 37 Liam Electric Glider 80
Фигура 38 SmartFabLab Pihhwak 450 Camera Drone 81
Фигура 39 Текстолитен ZMR250 81
Фигура 40 Референтна архитектура 90
Фигура 41 Модел на ролеви единици от референтата архитектура (105) 95
Фигура 42 Последици за отговорността (105) 98
Фигура 43 Архитектурна диаграма на цялостния модел (49) 106

СПИСЪК НА ТАБЛИЦИТЕ

Таблица 1 Предложена класификация на БЛС 23
Таблица 2 Матрица за оценка на риска на ИКАО 35
Таблица 3 Сравнение на хоризонталната кинетична на няколко обекта (44) 37
Таблица 4 Примерни вероятности за параметри, влияещи на вероятността от фатално нараняване на трето лице на земята (72) 39
Таблица 5 Определяне на нивото на стабилност (72) 52
Таблица 6 Характеристики на различните БЛС 64
Таблица 7 Характеристика на мисията 65
Таблица 8 Резултати от описанието на мисията 66
Таблица 9 Резултати от симулацията 72
Таблица 10 Зададени характеристики на разгледаните теренни постановки 75
Таблица 11 Оценка на летателно-техническите характеристики на проектираните БЛС ... 82

Използвани съкращения

A/C	ВС	Aircraft. Въздухоплавателно средство
AGL		Above Ground Level. Над земната повърхност.
AMC	ДМС	Acceptable Means of Compliance. Допустими мерки за съответствие.
ANS	АНО	Air Navigation Service. Аеронавигационно обслужване
ANSP	ДАНО	Air Navigation Service Provider. Доставчик на АНО
ARC		Air Risk Class. Клас въздушен риск.
ATC	УВД	Air Traffic Control. Управление на въздушното движение
ATM	РВД	Air Traffic Management. Ръководство на въздушното движение
ATS	ОВД	Air Traffic Services. Обслужване на въздушното движение.
BVLOS		Beyond Visual Line of Sight. Отвъд линията на пряка видимост
C2		Command & Control/Communication & Control. Информационната връзка между БВС и оператора, която позволява контрол над движението на БВС
C4I		Command, Control, Communications, Computers, Intelligence. Командване, Управление, Комуникации, Компютри, Разузнаване
CBRNE	ЯХБЗиЕ	Chemical,Biological, Radiological, Nuclear and Explosive. Ядрена, химическа, биологична зараза и експлозия.
ConOps		Concept of Operations. Концепция за оперирање.
CS	СС	Certification Specifications. Сертификационни спецификации
CU	СУ	Control Unit. Станция за управление
D/SAA		Detect & Avoid/Sense & Avoid. Система за откриване и избягване на сблъсък
DA	ДР	Delegated Act. Делегиран регламент.
DG CAA	ГД "ГВА"	Directorate General "Civil Aviation Administration". Главна дирекция "Гражданска въздухоплавателна агенция"
EASA	ААБЕС	European Union Aviation Safety Agency. Агенция за авиационна безопасност на ЕС
EC	ЕК	European Comission. Европейската комисия
EMI	ЕМИ	Electromagnetic Interference. Електромагнитна интерференция
EO	ЕО	Electro-optical. Електро-оптична камера
EO/IR	ЕО/ИЧ	Dual Electro-Optical and Infrared Sensor. Мултисензор електрооптичен/инфрачервен
ERP		Emergency Response Plan. План за реакция при аварийна ситуация.
ESD	ДПС	Event Sequence Diagram. Диаграма на последователност на събитията
EU	ЕС	European Union. Европейски съюз

EVLOS		Extended Visual Line of Sight. Разширена линия на пряка видимост
FAA	ФАА	Federal Aviation Administration. Федерална авиационна администрация
FMEA		Failure Modes & Effects Analysis. Анализ на режими на неизправност и последствия.
FTA	АДО	Fault Tree Analysis. Анализ на дърво на отказите.
FTS	СТП	Flight Termination System. Система за терминиране на полета.
GIS	ГИС	Geographic Inforamtion System. Географска информационна система
GNSS	ГНСС	Global Navigation Satellite System. Глобална навигационна сателитна система

GRC		Ground Risk Class. Клас наземен риск.
HMI	ЧМИ	Human-Machine Interface. Човеко-машинен интерфейс.
HRM	ЦМР	Holistic Risk Model. Цялостен модел на риска.
IA	РИ	Implementing Act. Регламент за изпълнение
iARC		initial Air Risk Class. Първоначален клас въздушен риск.
ICAO	ИКАО	International Civil Aviation Organization. Международната организация за гражданска авиация
IFR	ППП	Instrument Flight Rules. Правила за полети по прибори
iGRC		intrinsic Ground Risk Class. Присъщ клас наземен риск.
IoFT		Internet of Flying Things. Интернет на летящите неща.
IoT	ИН	Internet of Things. Интернет на нещата.
IP	ИП	Internet Protocol. Интернет протокол
IR	ИР	Infrared. Инфрачервен.
JARUS		Joint Authorities on Rulemaking for Unmanned Systems. Съвместни органи за създаване на правила за безпилотните системи
MAC		Mid-Air Collision. Сблъсък във въздуха.
MS	СЧ	Member State. Страна/страни членки на ЕС
NASA	НАСА	National Aeronautics and Space Administration. Национално управление по въздухоплаване и изследване на космическото пространство
NATO	НАТО	North Atlantic Threaty Organization. Организация на Северноатлантическия договор
OSO		Operational Safety Objective. Цел на оперативната безопасност.
RPA	ДУВС	Remotely Piloted Aircraft. Дистанционно управляемо въздухоплавателно средство

RPAS	ДУЛС	Remotely Piloted Aircraft System. Дистанционно управляема летателна система
RPS		Remote Pilot Station. Дистанционна пилотна станция
SAIL		Safety Assurance & Integrity Level. Нивото на осигуряване и интегритет на безопасността.
SMS	СУБ	Safety Management System. Система за управление на безопасността.
SORA		Specific Operations Risk Assessment. Специфична оценка на експлоатационния риск.
SRM		Safety Risk Management. Управление на риска за безопасността
TCP		Transfer Control Protocol. Протокол за контрол на предаването
TLOS		Target Level of Safety. Целиево ниво на безопасност
TMPR		Tactical Mitigation Performance Requirements. Изисквания за ефективност на тактическото смекчаване.
TRL		Technology Readiness Level. Ниво на технологична готовност.
UA	БВС	Unmanned Aircraft. Безпилотен въздухоплавателно средство
UAS	БЛС	Unmanned Aerial System. Безпилотна летателна система
UAV	БЛА	Unmanned Aerial Vehicle. Безпилотен летателен апарат
UTM		Unmanned Aerial Systems Traffic Management. Управление на въздушното движение от БЛС.
VFR	ПВП	Visual Flight Rules. Правила за визуални полети
VLL	ПНВ	Very Low Level. Пределно ниска височина.
VLOS		Visual Line of Sight. В линията на пряка видимост
VMC	ВМУ	Visual Meteorological Conditions. Визуални Метеорологични Условия
VSD	ЦЧД	Value Sensitive Design. Ценностно-чувствителен дизайн

	АП	Авиационно произшествие
	ВП	Въздушно пространство
	КИП	Контролно-измервателна апаратура
	ЛА	Летателен апарат
	ЛТХ	Летателно-техническите характеристики

Увод

Актуален въпрос е намирането на подходящ начин за изготвянето на оценка на риска от бедствия и търсенето на съвременни решения за тази оценка. Безпилотните летателни системи (БЛС) са една от най-обещаващите технологии за оптимизиране на операциите при бедствия. Но тяхното използване на театъра на събитието също представлява риск, който трябва да се оцени. Тези операции са повеждани над големи пространства с голям брой участници от множество административни структури.

Докато оперират с БЛС, спасителните служби не трябва да бъдат освобождавани от всякакви задължения по осигуряване на собствената безопасност и тази на други хора. Точно обратното, те трябва подсигурят, че всички рискове са отстранени и че няма застрашени. **Целта** е да се разгледат предизвикателствата пред осигуряването на безопасността при операции с БЛС и да се предложи аналитичен метод за анализ на рисковете, свързани с употребата им и отношението им към останалите участници на сцената на бедствието като останат ползите им като алтернативно средство за събиране на информация в изпълнение на мисии при оценка на риска от бедствия.

Обект на изследването са дистанционно-управляеми летателни системи (БЛС, ДУЛС) като **технически средства** и **екипите** от оператори, които могат да бъдат допуснати безопасно за себе си и околните да работят на място при внезапно възникнали бедствия, съобразявайки се с климатични условия, релеф и други възможни теренни ограничения и летателно-техническите характеристики.

В **Глава I – Анализ на предизвикателствата и приложенията на БЛС**, те се описват като съвкупност от системи (система от системи) с висок интегритет от няколко сегмента: летателен апарат или по-известен като дрон (летателна платформа с полезен товар; станция за управление (СУ) и обмен на телеметричната информация). Системата за свръзка за осъществяване предаването на командите към летателния апарат и за получаване на данни в реално време или такива събрани на борда за определен дискрет от време.

БЛС са изградени от механични, софтуерни, хардуерни и мрежови компоненти и са предназначени: да събират данни при измервания (в контекста на различни задачи), да задействат някои изпълнителни механизми и т.н.

В зависимост от предназначението, летателните комплекси могат да бъдат проектирани на базата на различни видове летателни апарати, като например: фиксирано крило, носещ винт, наклоняем ротор, вентилатор и т.н.

БЛС могат да бъдат класифицирани по много начини според спектъра от задачи, които трябва да изпълняват: според приложението им и т.н. В зависимост от конкретните задачи, стоящи пред БВС, и ограничения (технически, човешки, природни и други) се поставя изискване за избор на подходящата летателна платформа. В глава I е предложена класификация, според необходимостта на настоящето изложение.

В **Глава II – Анализ на съществуващите модели за оценка на риска** са разгледани съществуващите методики за оценка на риска в традиционната авиацията, а след това за безпилотните системи. Направено е сравнение между методиките за традиционната, тяхната приложимост, и безпилотна авиация и са отразени техните предимства като са подробно разгледани и аналитичните механизми, които ги съставляват. В общия случай това са качествени методики за оценка на риска и са подходящи за развитието на политики и процедури в отделните организации. Приложими са и на ниво национална програма.

В първите моменти на бедствието, става объркващо за неопитен човек да реши, каква БЛС може да бъде разгърната или каква задача за изпълнение да му бъде възложена. За да

се изпълни мисията по най-безопасния и най-успешен начин, в **Глава III – Разработване на аналитичен метод за оценка на риска** се обсъжда и модел за вземане на решения. Този модел е в помощ на служителите от защита на населението в ранния стадий на реакция. Няколко ограничения се считат за входни данни. От една страна са съществуващите „външни“ фактори, или метеорологични условия (скорост на вятъра, мъгла, облачно покритие и т.н.). От друга страна е налице известна корелация с някои „вътрешни“ характеристики като типа на БВС и техните летателни характеристики (скорост на срив, радиус на завой, издръжливост на полета и т.н.), техническите параметри на полезния товар (разделителна способност, точност, тежест.). Предложеният метод отчита тези варианти на входни данни и предлага на операторите на БВС да използват конкретен летателен апарат и съответното оборудване за постигане на оптимална ефективност по време на спасителната операция.

Предложена е архитектура на информационна система за наблюдение на всички споменати входни данни. Допълнително се включва наблюдение на текущия въздушен трафикв реално време за полета. Изградената информационна система наблюдава изменението на входните данни и взема решение за оптимално и ефективно използване на разполагаемите средства по време на реакция на бедствие или авария. По същество, тази информационна система притежава всички характеристики, определящи я като Интернет на летящите неща (Internet of Flying Things.), термин взет от (1). Същественото в нея е, че структурата и ще търпи изменения при отчитане на ограничения, въведени при процедури за сертифициране на леталните апарати, с цел безучастното им използване по време на бедствия и аварии. Следователно трябва да се положат усилия към хармонизиране на всички тези дейности и технологии, с цел да се гарантира безопасността.

В **Глава IV – Анализ на отговорността и внедряване на модела** се разглежда и механизъм за проследяване на отговорността и се извършва ценностно-чувствителен дизайн. Методът се оптимизира, като се предлага да се въведе още една итерация в алгоритъма на информационната система. Проведено е изследване за проследяване на отговорността преди внедряването в по-сложната система на авиационна безопасност.

Целта е да се предложи нов аналитичен метод за оценката на риска от операции с БЛС, основан на алгоритми, подходящи за вграждане в по-всеобхватен информационнолетателен комплекс на високо ниво, с регистриране на преценени входни параметри, отчитащи летателно-техническите характеристики на БЛС, техните движения на театъра на бедствията, локалните климатични и теренни фактори. Той се основава на направен анализ на възможностите им за безопасно и ефикасно използване по време на мисии при бедствия. Предлага се и модел за проследяване на отговорността още в проектирането, както на отделната система, така и нейното приложение в аналитичния метод. За реализиране на целта се поставят следните **задачи**:

- Дискутиране и класификация на съществуващите БЛС;
- Проучване на особеностите на съществуващите БЛС и добрите практики на употреба;
- Проучване и анализ на моделите за оценка на риска и безопасността на БЛС;
- Оценка/анализ на предимствата и недостатъците на съществуващите моделите за оценка на риска;
- Разработване на аналитичен модел с размита логика за определяне на ефективността на БВС използван за оценка на риска при бедствия;

- Подготовка, избор и окомплектовка на БЛС за провеждане на теренното изследване, събиране и обработка на данни за валидиране на разработените модели с реални експериментални данни;
- Предлагане на архитектура на високо ниво на електронна система за следене на всички променливи като част от системата за управление на въздушното движение от БЛС;
- Предлагане на механизъм за проследяване на отговорността и ценностночувствителен дизайн по отношение на БВС, като критерии за оптимизиране на системата в етап на проектиране;
- Формулиране на изводи и препоръки.

Работната хипотеза е да се покаже след задълбочени изследвания, анализи и практически изследвания, че БВС, при специфичните условия на бедствия, може да се ползват безопасно за ефективна оценка на риска, при допускане, че рисковете свързани с тяхната употреба на театъра на събитието са добре идентифицирани и смекчени.

Получените резултати (i) ще подпомогнат организирането и провеждането на поуспешни и безопасни мисии, които да подпомагат работещите в сферата на извънредните ситуации за намаляване на нежеланите последствия от бедствия, превенция и защита на населението и (ii) могат да бъдат интегрирани в аналитичен алгоритъм към по-голяма система за управление на трафика от БЛС.

Тази разработка обобщава експертиза в областта на безопасността на БЛС и използването им по време на бедствия. Тя може да бъде полезна и за други заинтересовани експерти в сферата на сертификацията и на тези системи и тяхната интеграция в въздушното пространство. Предложеният аналитичен информационен метод може да послужи за внедряване в бъдеща национална система за управление на въздушното движение от БЛС.

Отчита се влиянието на редица фактори върху успеха на операция с БЛС като например техническата поддръжка и човешкия фактор като част от бариерния модел в анализа. Те, обаче, са включени за пълнота и не се разглеждат в детайл.

БЛС ще бъдат повлияни изключително от нивото на услуга, което се доставя от външни доставчици – навигация, комуникация и контрол и т.н. Тук отново са разгледани за пълнота, добавени са към моделите без да се навлиза в конкретните системи.

Голяма част от способностите на БЛС се генерират от сензорите, с които са оборудвани. Тяхното многообразие не позволява да се включи подробен анализ. Прави се само коментар на разликите между някои основни характеристики на сензори и как те биха повлияли на операцията с БЛС.

Макар на места да се твърди, че операциите с БЛС са икономически ефективни, такъв анализ не е правен и тези твърдения стъпват на базата на цитирани литературни източници.

Глава I – Анализ на предизвикателствата и приложенията на БЛС

1.1. Разликите между БЛС – ДУЛС – Дрон

Термините, отнасящи се до дроновете, често се използват взаимнозаменяемо между различните заинтересовани страни – оператори, регулатори и производители. Хората

използват общия термин „дрон“, докато търговските оператори, обществените организации и асоциациите се отнасят до по-специфични термини, като безпилотна летателна система (БЛС), безпилотен летателен апарат (БЛА) и дистанционно управляема летателна система (ДУЛС).

Дрон – Дронът е най-разпространеното наименование за безпилотни въздухоплавателни средства (БВС), които могат да летят автономно или могат да се управляват дистанционно.

Терминът дрон се използва от първите дни на авиацията. Дрон основно се отнася до безпилотен апарат, използван предимно във военен контекст, сега се използва разговорно за обозначаване на всякакъв тип безпилотно летателно средство.

БЛА – е съкращението за безпилотен летателен апарат. БЛА е термин, използван сред професионалистите за обозначаване на дрон за неразвлекателни цели. БЛА могат да летят дистанционно или автономно.

По принцип БЛА е компонент на БЛС, тъй като се отнася само до летателния апарат. Това е разгледано в следващата подточка.

БЛС – въздухоплавателен апарат и свързаните с него елементи, които се експлоатират без пилот на борда. Безпилотният въздухоплавателен апарат е компонент на БЛС.

БЛС е цялостна система, която включва безпилотни летателни апарати (не само БЛА или дрон), лицето на земята, което контролира полета, и системата за командване и управление, която свързва и двамата.

Терминът БЛС обхваща всички апарати, летящи без пилот на борда, които работят като част от по-голяма система. Това включва ДУЛС, автономни самолети и авиомодели. Автономните летателни апарати се различават от ДУЛС по това, че имат известна независимост във вземането на решения и ролята на пилот за изпълнение на планирания полет е наблюдателна; като има предвид, че авиомоделите се отличават със своята развлекателна употреба.

ДУЛС – Международната организация за гражданска авиация (ИКАО) използва новия термин ДУЛС (Дистанционно управляема летателна система) за дистанционно пилотирани апарати.

ДУЛС се състои от дистанционно управляемото въздухоплавателно средство (ДУВС), дистанционна пилотна станция (RPS), връзка за командване и управление (C2) и всякакви други компоненти.

Този термин обаче не се прилага за автономни самолети.

БВС/ДУВС – ДУВС е подкатегория на БВС.

Терминът дрон служи като неформален, популярен и общ заместител на БВС или ДУВС.

Термините безпилотно въздухоплавателно средство (БВС) или дистанционно управляемо летателно средство (ДУВС) се използват за описание на самото въздухоплавателно средство, докато терминът безпилотна летателна система (БЛС) или дистанционно управляема летателна система (ДУЛС) обикновено се използва за описание на цялото работещо оборудване, включително самолет, станцията за управление, от която се управлява апаратът, и линията за данни.

Авиомодел – Авиомоделът е дрон, използван само за развлекателни цели, при спазване на приложимите изисквания. Властите са въвели изискване да тежи не повече от

25 kg (55 паунда), да се лети в рамките на пряка видимост и да се управлява за хоби или развлекателни цели.

В настоящата работа ще се използва най-вече терминът безпилотна летателна система – БЛС като най-обобщаващ и възприет в Европейската регулационна рамка. Поради ранното технологично ниво (TRL) по отношение на автономността и системите за откриване и избягване на сблъсък ще се запазят голяма част от компонентите за командване и управление, логистика и т.н.

1.2. Концептуален модел на БЛС

При въвеждането и обсъждането на една технология се започва от по-абстрактен и се преминава към по-конкретен поглед. Това се прави, за по-добра проследяемост на понятия, така че да е възможно сравнение и/или привеждане в съответствие с други технологии. Освен това БЛС оперират като част от по-големи авиационни системи.

Като всеки летателен апарат БЛС са субект и на метеорологичните явления в атмосферата, голям брой системи обезпечаващи полета са зависими от тях (2). На по-късен етап всички това е от особено значение при направения тук анализ с метода на Модел Bowtie/, тъй като в него се дефинират ограничения (бариери) за настъпването на инцидент на технологично, организационно или процедурно ниво (3).

По същество, БЛС включват самите летателни апарати, които за да могат да функционират се нуждаят от редица други компоненти. Следователно, има взаимодействия между всеки един от тях, като някои от тях ще бъдат доставяни от алтернативен доставчик на външни услуги. Такава система би представлявала спътниковата навигация, както и обслужването на въздушното движение (ОВД) и т.н.

Фигура 1 показва БЛС като по-голяма система, която се грижи за позиционирането и комуникацията през сателитния слой и подготовката и обработката на мисията през станция за управление. Самата летателна система (в средния слой) е оборудвана с необходимите системи за задвижване, авионика, навигация, полезен товар, както и сензори за осигуряване на ситуационна осведоменост в контекста за своята собствената мисия, както и за услугите, които предоставя в условието на бедствие по време на нейното изпълнение. Различни комуникационни канали с подходящо ниво на криптиране (4), разгледани в JARUS Cyber Annex (в печат), от гледна точка на сигурността и могат да се използват от БЛС за комуникация чрез външни доставчици на услуги със своята станция за управление (5). Още:



ФИГУРА 1 БЛС КАТО СИСТЕМА ОТ СИСТЕМИ И ОТНЕСЕНИ КЪМ ЗАВИСИМОСТТА ОТ ИНФРАСТРУКТУРА (6)

- Въпреки че долният слой включва станция за управление и е зависим от някаква инфраструктурата и следователно е уязвим по време на разрушително събитие, той е заменяем в смисъл, че БЛС би следвало да може да може да превключва между множество станции за управление. Освен това, СУ не е задължително да е в зоната, засегната от разрушителното събитие. Сменяемост и местоположение – следователно независимостта намалява критичността на този слой в случай на извънредни ситуации.
- БВС, представен в средния слой на Фигура 1, е независим от инфраструктура в смисъл, че всички системи в летателния апарат могат да работят самостоятелно, с изключение на жизненоважните връзки към станцията за управление и от външните доставчици. Редно е да се отбележи необходимостта от Системите за предупреждение за близост на въздухоплавателни средства „Система за откриване и избягване на сблъсък – Detect/Sense & Avoid (D/SAA)“; Това включва одобрено оборудване за автоматично откриване и избягване на сблъсък, което да се използва като средство за намаляване на риска, ако пилотът не може да избегне загуба на връзка отвъд линията на пряка видимост (BVLOS) (7).
- В най-горния слой са услуги, които не се влияят от прекъсвания на местната инфраструктура. Ако е необходимо, БЛС може да превключва между различни комуникационни доставчици и между наличните глобални технологии за позициониране. Затова горният слой е обозначен като имащ ниска инфраструктурна зависимост (6).

Друга възможна функционално-схематична абстракция, включваща взаимодействието между основни компоненти може да бъде изобразена така:



ФИГУРА 2 ЕЛЕМЕНТИ НА БЕЗПИЛОТНАТА ЛЕТАТЕЛНА СИСТЕМА (8)

Това е опростена представа за БЛС и работата им и в представения модел са отразени само основните понятия. Възможно е да се добавят допълнителни разработки, които да останат с него.

Елементите на БЛС, очертани от (8), необходими за осъществяване на полет са:

- Един или няколко БВС (летателна платформа);
- Станция за управление (станции) (СУ);
- Всякакъв, свързан с БЛС софтуер и системи за мониторинг/диагностика на състоянието на БЛС;
- Връзка за комуникация и контрол C2;
- Терминали за извеждане/въвеждане на данни (за използване на полезния товар на БВС);
- Система за изстрелване (пуск);
- Оборудване, необходимо за подготовка за последващ полет и за техническо обслужване на БВС на земята (включително КИП (контролно-измервателна апаратура) за БВС и сензорите и тренажор(и));
- Система за прекратяване на полета;
- Източник (система) за захранване с енергия, за разпределение и осигуряване с енергия на БЛС;
- Комуникационно оборудване за нуждите на управление на въздушното движение (глас и данни);
- Оборудване за обслужване (логистика), съхранение и транспортиране;
- Документация, част от системата, необходима за осигуряване и поддръжка на по-горе изброените елементи.

Тъй като функционално, два въпроса са от съществено значение, при „използване“ на безпилотен апарат, а именно: (i) неговото събиране на данни от околната среда; (ii) обратно им предаване към станцията. Концепцията за полезен товар е важна – става дума за определяне на типа данни, които БЛС може да събира и да предава. Според вида на данни е важно и това се осъществява чрез подходящо синтезирана C2.

В същото време не трябва да се пренебрегва необходимостта от удачен и адекватен контрол, защото БЛС могат да бъдат до известна степен автономни и/или да бъдат управлявани от разстояние – и в двата случая се възприема рискът от неправилно интерпретиране на информацията. Следователно установяването на управление трябва да бъде главно според адекватността на формулираните задачите според това, как се възприема на ситуацията. На тази основа, според възможностите на конкретния пилот, е възможно БЛС да се включат в определени операции, в частност по време на мисии при бедствия или разрушаващи събития.

1.3. Класификация и категоризация на БЛС

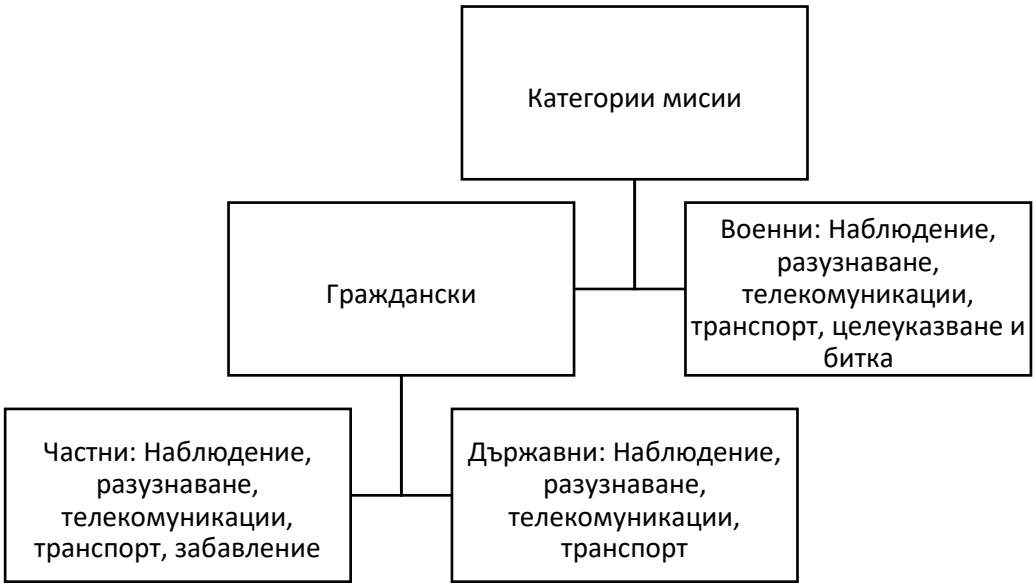
БЛС имат различни летателни платформи за широк кръг от приложения. Могат и да се класифицират по различни начини: Употреба (граждански/военни), Подемна сила (фиксирано крило/роторна схема), излетна маса и т.н. За идейния подход, добро начало е да се види представянето им по отношение на ЛТХ и така става по-лесно да се разберат възможностите им.



ФИГУРА 3 ЛЕТАТЕЛНО-ТЕХНИЧЕСКИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ЛТХ) (9)

Всеки тип има уникални възможности в различна оперативна среда. Докато малките хели- и мултикоптери са по-добри при проникването в гъсти, градски зони на бедствие, поголемите самолетни апарати са по-добре пригодени за наблюдение на широки площи, като наблюдение на терен за щети от урагани.

Основната употреба на БЛС, може да се разбие на определени категории. Фигура 4 очертава различните категории на приложение на БЛС.



ФИГУРА 4 КАТЕГОРИИ МИСИИ С БЛС (9)

Категоризацията улеснява комуникацията задавайки единна рамка обединяваща организации от различен тип – военни, полиция, служби за реакция при бедствия и т.н. Категориите на НАТО, изложени в предложената Таблица 1, са базирани на максималното общо излетно тегло и крейсерска височина на полета. Категориите започват с класове на излетно тегло. След това тези класове са разбити на база максимална височина на полета, радиус на използване и оперативната (бойната) единица, в чийто състав влизат. Такова разбиване може лесно и бързо да се пренесе като добра практика в други структури по защита.

От друга страна, съществува и класификация наложена от Регламент за изпълнение (ЕС) 2019/947 на Комисията от 24 май 2019 година относно правилата и процедурите за експлоатация на безпилотни въздухоплавателни средства и Делегиран регламент (ЕС) 2019/945 на Комисията от 12 март 2019 година относно безпилотните летателни системи и операторите от трети държави на безпилотни летателни системи. В тези документи се въвеждат три категории БЛС, основани на риска за трети страни, свързан с операцията (лица и собственост). Летателните апарати са разделени на следните категории: „неограничена категория“ (малък риск), „специфична категория“ (среден риск) и „сертифицирана категория“ (висок риск). Причината да се използва рискът за разграничаване на БЛС при експлоатация е, че безпилотно въздухоплавателно средство над открито море представлява по-малък риск, отколкото по-малко такова, експлоатирано над зрителите в стадион.

„Неограничена“ категория (цветово кодирана в зелено в Таблица 1, малък риск): В тази категория безопасността се осигурява чрез минимален набор от правила, експлоатационни ограничения, промишлени стандарти и изискването за наличие на определени функционалности. Например операция от категорията „неограничена“ изисква постоянен визуален контакт с БЛС, тегло под 25 kg, полет на БЛС под 150 m височина и концепцията за определяне на географските граници. Определяне на географските граници е концепцията за ограничаване на достъпа на БЛС чрез определяне на конкретни зони, в които софтуерът и/или хардуерът на ѝ е проектиран да не навлиза, дори ако пилотът

неволно го инструктира да отиде там. В Таблица на ААБЕС е направена подробна разбивка на изискванията за неограничена категория.

„Специфична“ категория (цветово кодирана в жълто в Таблица 1, среден риск): За тази категория се изисква разрешение от органа национална въздухоплавателна администрация, след извършена от оператора оценка на риска. В ръководство за експлоатация се посочват мерките, които са взети за свеждане до минимум или намаляване на рисковете. Например „специфичната“ категория включва всички операции, които надвишават ограниченията на категорията „неограничена“. Методиката за оценка на риска в специфична категория е описан по-подробно в Оценка на специфичния оперативен риск JARUS SORA.

„Сертифицирана“ категория (цветово кодирана в червено Таблица 1, по-висок риск): има изисквания, сравними с тези за пилотираните въздухоплавателни средства. Тези операции най-вероятно ще включват големи БЛС, използвани за операции от малки или големи организации. Надзорът се осъществява от националните въздухоплавателни администрации (издаване на лицензи и одобряване на техническото обслужване, операции, обучение, УВД/АНО и организации на летища) и от Агенцията (проекти и чуждестранни организации). В „сертифицираната“ категория БЛС се третират по начин, подобен на този за пилотираните въздухоплавателни средства. Те се сертифицират за поддържане на летателната им годност и от тази гледна точка имат експлоатационни ограничения като пилотираните въздухоплавателни средства. Разбира се, могат да се прилагат и други експлоатационни ограничения, например от обслужване по контрол на въздушното движение или наличие на въздушно пространство.

ТАБЛИЦА 1 ПРЕДЛОЖЕНА КЛАСИФИКАЦИЯ НА БЛС

Клас:	**Категория/клас според ІА 2019/947:**		**В състава на:**	**Височина на полета:**	**Радиус на използване:**
Клас I (до 150 kg)	Микро (< от 2 kg) (A1)	C0 250 g C1 900 g	Разчет или самостоятелен оператор	до 650 m	до 5 km
	Мини (от 2 до 20 kg) (A2)	C2 4 kg C3 25 kg	Взвод, отделение (ръчно изстрелване)	до 1000 m	до 25 km
	Малки (> от 20 kg) (A3)	C4 25 kg Специфична	Рота (система за изстрелване)	до 1650 m	до 50 km
Клас II (от 150 до 600 kg)	Тактически	Сертифицирана	Тактически формирования	до 3300 m	до 200 km
Клас III (над 600 kg)	MALE	Сертифицирана	Оперативна/ТВД	до 15 000 m	над 200 km
	HALE	Сертифицирана	Стратегическа/ Национална	до 21 450 m	над 200 km
	Ударен/Боен	Сертифицирана	Стратегическа/ Национална	до 21 450 m	над 200

Както се вижда в предложената класификация има релация между размера, комплексността и излетната маса и оперативната единица, в която може да използва съответната БЛС. Използвайки предложената класификация като отправна точка значително ще се подобри оперативното планиране, командване и управление (10). В сив цвят в **Грешка! Източникът на препратката не е намерен.** за пълнота са оставени чисто б ойните предназначения в категоризацията на НАТО.

За операции, провеждани във въздушното пространство с трасета и зони за полети на гражданската и военна авиация, категоризацията на БЛС ще спомогне за установяване на сертификация и стандарти, приложими към някои подгрупи БЛС. Допълнително това ще повлияе върху подбора на личния състав и квалификационните изисквания към операторите/пилотите на системите. Общата терминология и методиката на групиране на средствата ще послужи както в контекста на съвместните операции, така и за нуждите на гражданските власти при определяне на стандарти по отношение на оборудването, летателната годност и изискванията към обучението (11). За държава като България едно такова съвместяване на обучението на представители на различни служби (военни, полиция, пожарна и т.н.) е удачно поради изключителното припокриване на задачите, които изпълняват и участието във взаимни учения за реакция при бедствия (12), (13), (14).

1.4. Бедствия и разрушителни събития

Тъй като фокусът на текущата работа ще е върху рисковете от операциите с БЛС в конкретния домейн на бедствия и разрушителни събития, то в обобщен вид ще бъдат разгледани три типа разрушителни събития: бедствия, болести и конфликти (15).

Бедствията могат да бъдат или причинени от природата, например земетресения, наводнения или урагани, или причинени от хора, като аварии на електроцентрали, разливи и изпускане на газ или фабрични експлозии. **Болестите** могат да бъдат локални, например причинени от замърсена вода или глобални, като огнища на епидемични вируси в светлината на SARS-CoV-2. **Конфликтите**, както се разглежда в настоящата работа, могат да бъдат свързани с тероризъм или войни. Тези три типа разрушителни събития до голяма степен обобщават сегашното пространство на смущения по целия свят (16).

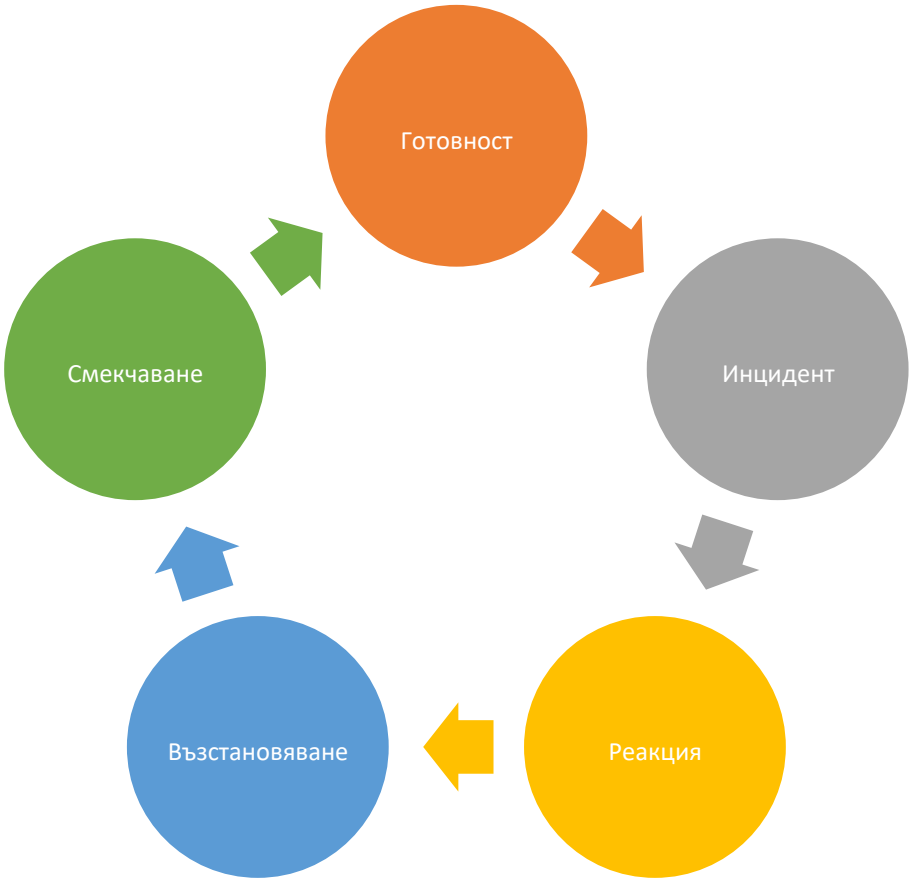
Както при природни бедствия, така и при бедствия, причинени от човека, често имаме физическо унищожаване на ключова инфраструктура и логистични елементи, което от своя страна значително блокира основните услуги в обществото, както и услугите за помощ, които са свързани със самото бедствие (17). За да смекчи този ефект, човек може да избере да разчита на по-малко зависими от инфраструктурата решения като БЛС. Друг проблем при бедствията е малката наличност или дори пълната липса на персонал. Засегнатите от бедствието може да не успеят да се явят на работа. Създава се цяла каскада от събития, които дава отражение в множество обществени системи (18). Бизнесите може да не работят: (i) в резултат на по-ниска наличност на персонал; (ii) или поради прекъсване на електрозахранването; (iii) или поради прекъсвания в комуникационните системи. Обичайно е доставките да са възпрепятствани по време на бедствие. За компаниите и магазините това се дължи на засегнатата логистика, комуникация и отсъствието на служители.

При широкомащабни огнища на заразни болести, като пандемии, инфраструктурата не е пряко засегната (в сравнение с бедствията), но ефектите върху персонала, бизнес и обществените системи и логистиката могат да бъдат сериозни. Здравната система се

претоварва, тъй като броят на хората, за които трябва да се грижи, се увеличава, докато броят на здравните специалисти, които са налични, намалява, тъй като те също могат да бъдат засегнати от болестта. Инфраструктурите и бизнес системите също са повлияни от големи огнища на болести, тъй като по-малко хора се появяват на работа, било защото са болни, било защото не искат да рискуват да се заразят. Това също има отрицателно влияние върху способността за доставка на лекарства и здравни грижи на засегнатите хора и региони. При неотдавнашната пандемия на SARS-CoV-2, поведението на трупане и празни рафтове също бяха наблюдавани в резултат на подготовката за карантина и блокиране. В комбинация с проблеми с логистиката и бизнес системата, това може да доведе до недостиг на критични доставки за общността. Въпреки това комуникационните системи и интернет обикновено остават активни по време на широкомащабно заболяване.

Военните конфликти често са насочени към умишлено унищожаване на оборудване и инфраструктура. Това важи не само за войни, но и за местни военни конфликти и терористични действия. В такива ситуации вече не може да се разчита на ключова инфраструктура. Освен това, бизнес системите и логистиката са силно повлияни, което води до проблематично снабдяване с критични стоки като храни, лекарства и стоки за помощ. И накрая, това което изостря проблемите още повече е, че по време на военен конфликт е опасно да се пътува, така че служителите може да не се появяват на работа. Следователно, изграждането на ситуационната осведоменост е от ключово значение по време на конфликт. Това е така, защото информацията не се споделя свободно, може да бъде класифицирана, а разпространението на дезинформация може да бъде част от стратегията за разпалване на конфликт (19).

Отговорните държавни органи могат да използват потенциала на БЛС в различните случаи и как ще ги ползват зависи от фазата да бедствието Фигура 5 (Смекчаване, Готовност, Ответна реакция, Възстановяване), нивото на ситуационна осведоменост в това време, нивото на риск и типа използван БЛС. За целта трябва да се ревизират национални законови и подзаконови актове – (20), (21), (22), (23), (24), (25) и (26). В (27) се оценяват и голямото количество заинтересовани страни и участници в подобни събития. Пример за такъв план са (28) и (29).



ФИГУРА 5 ФАЗИ НА ГОТОВНОСТ И РЕАКЦИЯ НА ИНЦИДЕНТ

Най-честите и/или най-популярните начини на употреба на БЛС при бедствия са:

- Разузнаване и картографиране; Запис и трансфер на видео и/или аудио информация от мястото на инцидента. Най-полезно би било там където трябва да се покрие голяма географска площ или където екипът по намеса ще трябва да се справя с местните заплахи;
- Анализ на структурата и целостта на сгради и съоръжения;
- Откриване и наблюдение на горски пожари;
- Поместване на сензор за откриване на опасни вещества в специфична зона – ЯХБЗиЕ;
- Операции по търсене и спасяване;
- Поместване на откриващо устройство на мястото на бедствието за да се открият хора или животни по време на земетресение или лавина;
- Логистична подкрепа;
- Временна инфраструктура – монтаж на високоговорители, способни да предупреждават гражданите в засегнатия район (радиоактивен или токсичен облак);

1.4.1. Наблюдение и картографиране

Нуждата от системно картографиране на засегнатите от бедствието зони не може да се пренебрегне. Картите помагат да се координират усилията на действията след подобни

събития; 3D топографското картографиране може да помогне при идентифицирането на зони, предразположени към свличане на кална маса; може да се помогне на спешните екипи да отбележат критичната инфраструктура, която да се обезопаси веднага след бедствието (30).

Картографирането чрез пилотируем летателен апарат може да бъде изключително скъпо, а сателитните карти не предлагат нужната висока резолюция и са повлияни от текущата метеорологична обстановка – облачната покривка, дъжд и т.н. (25), (31).

Картите изготвени в навечерието на бедствието също са полезен инструмент за идентификация и оценка на щетите, особено когато се комбинират с изображения на района преди катастрофата. За да е възможно най-ефективно картите „преди“ трябва да са по-скорошни, докато „след“ трябва да се изготвят при първа възможност.

Бързото разгръщане на системите за отдалечено наблюдение с БЛС след бедствия, комбинирано с карти „преди“ ще позволи на групите, работещи след бедствието да добият по-голяма яснота за ситуацията и да знаят коя инфраструктура е най-застрашена, позволявайки им да подредят усилията си за намаляване на общите загуби.

1.4.2. Оценка на структурната цялост

Оценката на структурните щети след настъпването на бедствието идва с много потенциални рискове. Оценителите трябва да влезнат в сгради с опасност от срутване или да достигнат труднодостъпни места долната част на мостове. Малките габарити на някои БЛС и техните ЛТХ ще повишат техните способността да правят оценка в нов район от щети.

1.4.3. Временна инфраструктура / Доставка на провизии

Суровите метеорологични събития, земетресения, саботажи и други сътворени от човека или природата катаклизми могат да разрушат водните канали, пътища, мостове, газо- и нефтопроводи, електроцентрали, далекопроводи и други. Нарушаването в обичайната работа на критичната инфраструктура може да има значително въздействие върху безопасността на хората в района и икономиката. Възможни въздействия включват:

- Загуба на захранване в болници или предприятия;
- Нарушаване в доставката на вода и газ;
- Разрушаване на пътища или тяхното блокиране, отразяващо се на доставките на необходими компоненти (храна, лекарства, части) (32); - Разрушаване на телекомуникациите.

БЛС не само имат способността да оценят повредата по инфраструктурата, но могат да смекчат щетите, осигурявайки временна инфраструктура и доставяйки необходимите провизии или оборудване на оцелелите и екипите (33).

БЛС могат ефективно да действат и като временна телекомуникационна инфраструктура. Въздушните платформи могат да служат като временен ретранслатори, предавайки Wi-Fi и мобилен сигнал в район с повредени далекопроводи и базови мобилни клетки (6).

1.4.4. Откриване и гасене на горски пожари

Пилотната авиация вече е ползвана в много етапи при откриване и гасене на горски пожари, като транспорт на екипите, изпускането на химически ограничител и вода върху пламъците, картографиране на прогреса по гасене. Все пак БЛС предлагат редица предимства пред пилотната авиация.

По време на горски пожари, летателните апарати трябва да оперират в екстремна среда, характеризираща се с висока температура, силни ветрове и ниска видимост. Летенето при такива условия е неминуемо опасно, а и поставя висока доза стрес на пилотите, поставяйки в риск безопасността на екипажа. БЛС елиминират този риск, позволявайки на пилота да оперира от безопасно разстояние. При разпръскването на химически ограничители, това ще позволи на БЛС да атакува директно пламъците. В момента, въздушното гасене на пожари се води изключително при визуални правила на полета и не се позволяват операции при ниска видимост и през нощта.

Използването на БЛС би могло значително да увеличи времето, през което пожарникарите ще могат да потушават пожара, летейки в условията на ниска видимост, координирайки действията на земя.

БЛС оборудвани с EO/IR камери, могат да се разгърнат в големи бройки, осигурявайки командния център с усъвършенствана осведоменост по всяко време на денонощието. Тези малки летателни апарати могат да се оборудват и със системи за препредаване на комуникациите, осигурявайки постоянен контакт между командния център и пожарникарите на земята (34) (19).

1.4.5. Ядрена, химическа, биологична защита и екология (ЯХБЗиЕ)

Тежката индустрия и производството на електричество разчитат на опасни химикали и горива, включително ядрен материал (35). Повредите във фабриките или електроцентралите, инциденти при транспортиране на опасни материали, тероризъм и саботаж, всички имат потенциал да създадат неочаквано химическо, биологично, или ядрено бедствие. Тези опустошителни събития изискват бърза и ефективна реакция и мерки по обезопасяването, но по своята природа са изключително опасни за работниците.
Характеристиките на събитията по ЯХБЗиЕ са:

- Токсични/радиоактивни/експлозивни обстановки;
- Разрушени площи;
- Резки промени в обстановката;
- Липса на информация за обхвата на бедствието.

БЛС значително намаляват човешкото излагане на опасна обстановка, като предлагат постоянно наблюдение и проверка на информацията при най-опасните условия. Изпращането на БЛС в зоната на ЯХБЗиЕ може да помогне на спасителите да локализират бързо и ефективно източника на замърсяване/опасност и да мащабират щетите, предлагайки безценна информация за ситуацията. Също така, БЛС могат бързо да доставят оборудване на екипите, прилагат химически ограничители или дисперсанти. Като допълнение БЛС могат да се разгърнат от произволни локации, осигурявайки, в случай че летище не е налично или е неизползваемо, присъствието на летателен апарат в района.

1.4.6. Търсене и спасяване

Много динамични тактически предизвикателства съпътстват операциите по търсене и спасяване. Търсенето на хора или отломки на големи райони, като пресечени планински местности и горски терени или обширни морски площи (36) може да е много времеемко и трудно. Това може да доведе до умора на екипажите, намалявайки тяхната ефективност при търсенето и увеличавайки вероятността от пилотска грешка. Като допълнение, след като са локализирани оцелелите трябва да се проведат операции по спасяване и евакуация в опасна среда. (ЯХБЗиЕ, ниска видимост, пресечен терен и т.н.) Приложението на безпилотни системи в тези ситуации позволява да се проведат операции без да се излага на излишен риск екипажа (37). Операциите по търсене и спасяване често олицетворяват „3-D" модела (Dull, Dirty, Dangerous – тъп, мърляв, опасен), най-добре прилягащ на БЛС. Подробно такъв тип операции са разгледани в (38).

1.5. Контекстно осъзнаване и инфраструктурна независимост

БЛС са способни ефективно да изграждат ситуационна осведоменост, поддържано не само от вградени сензори и софтуерни алгоритми, но и от наземни/спътникови услуги. В допълнение към по-техническия термин „осъзнаване на контекста", което означава способността на техническото образувание да усети текущата ситуация и да адаптира съответно поведението си, тук се разбира – способност да се установи адекватно текущата ситуация, без непременно да се предприемат съответните действия (39), (40).

По-специално: (i) Автопилотът и софтуерът на БЛС често са в състояние да изчислят точката на връщане, свързана със съответния енергиен запас (батерия/гориво); когато се приближи до тази точка, БЛС ще започне да предупреждава станцията за управление, като иска да бъде върнат обратно или да му бъде дадена нова цел за кацане. (ii) Технологията D/SAA (Detect/Sense & Avoid) се отнася до безопасно разстояние, прилагано от БЛС по отношение на останалите летателни апарати. Въпреки че в текущата технологична готовност D/SAA е доста труден за прилагане в кризисни ситуации и страда от липса на стандартизация и мащабируемост (7), той е посочен като основа за по-нататъшни технологични разработки, като нововъзникващите системи за управление на въздушното движени от БЛС – UTM Unmanned Aerial Systems Traffic Management (41), (42), (43).

Предполагайки определено местоположение, като град или квартал, засегнато от разрушително събитие. Тогава ключовата инфраструктура и услуги на това място може да бъдат напълно или частично изключени. Поради разрушителното събитие, нуждата от определени услуги може да е по-висока, отколкото преди прекъсването, например: транспортни услуги, комуникационни услуги, услуги за безопасност и сигурност и здравни услуги. Нуждата от други услуги може да остане същата като преди разрушителното събитие, например: услуги за доставка на храна и пощенски услуги. С нарушената инфраструктура и предоставяне на услуги, посрещането на нормалните нужди от услуги често вече е невъзможно, да не говорим за нуждите от допълнителни услуги. Могат да се направят четири препоръки: (i) Намаляване на зависимостите от неработещи компоненти; (ii) Заобикаляне на засегнатата инфраструктура; (iii) Работа с липсващи данни; (iv) Приоритизиране на предоставянето на услуги, фокусиране само върху основните дейности и забавяне на по-малко важните, за да бъдат разгледани по-късно.

Както вече беше предложено Фигура 1, съответните силни страни на технологията за БЛС (въз основа на техническите възможности) са полезни, тъй като се отнасят до горните препоръки.

1.6. СЪОБРАЖЕНИЯ ЗА БЕЗОПАСНОСТТА

В комплексна среда, каквато е оперативната среда за реакция при бедствие или разрушаващо събитие трябва да се съберат всички гледни точки на заинтересованите участници, когато стане дума за проблеми с безопасността. Това включва, например, службите, участваща индустрия, работните групи и авиационната администрацията, представители на гражданите, НПО-та, гражданското общество, както и агенцията за Фундаментални права, структурите за защита на личните данни. Такава дискусия ще позволи законодателите, като Европейския парламент и националните парламенти, да съберат допълнителна информация и мнения и подробно да изработят своя позиция, включително и бъдещи предложения за БЛС.

В изследвания (44) и (45) се описват опасенията за безопасността. Като в (44) е предаден разговор с пилоти участващи в операции за намаляване на въздействието от бедствия. Те подчертават, че съвместните операции с ниското прелитане на БЛС значително повишава риска от сблъсък с друг пилотируем апарат. Те обясняват, че под височина от 150 m трафикът остава значителен: военни, полиция, медицински хеликоптери, друга авиация. Техните притеснения са отразени, а следните мерки под формата на новоразработени процедури и изисквания може да ги облекчат – БЛС дават предимство на всички други ВС, минимално ниво на компетентност за пилоти на БЛС, кампании за повишаване на вниманието за пилоти и оператори, операции само във видимия обзор (VLOS). Спазвайки модела Расмусен (46) – целта на регулациите, процедурите и изискванията по безопасност за БЛС е да намали честотата на случаите на сблъсък с пилотируемо ВС; вредата за хората; щетите по собствеността и най-вече за критична или сетивна инфраструктура. В (47) и (28) се дават конкретни насоки за това.

ВС, безпилотни или пилотни, винаги ще са изложени на риск от сблъсък с въздушни препятствия като кабели за високо напрежение, високи сгради, други ВС и телефонни стълбове и кранове, най-вече когато оперират на ниски височини и в тесни пространства. Ако безпилотно ВС влезе в конфликт с пилотируемо такова има значителен риск двете да се сблъскат. За да се избегнат подобни видове инциденти БЛС трябва да се екипират наймалко с някакъв вид технически средства – система с предварително известни карти с препятствия, стробо светлини, или система за избягване на сблъсък (D/SAA). Пилотът на БЛС също трябва да може да комуникира с другите ВС и РВД, въпреки че подобна инфраструктура се изгражда и поражда нов ред въпроси (42). Такава система е разгледана в Глава III – Разработване на аналитичен метод за оценка на риска и Глава IV – Анализ на отговорността и внедряване на модела.

Метеорологичната обстановка – например турбулентните ветрове може да направят маневрирането на малки БЛС изключително трудно. Операциите на ниски височини и в тесни пространства в такива ветрове може да завършат със сблъсъци, катастрофи и падащите БЛС може да ударят хората на земята (45). Като добавка въртящите витла могат да причинят нараняване.

Решение за избягване на проблемите с падащите БЛС е инсталацията на технически средства – парашути, които да подсигурят мекото кацане и да предпазят от допълнителни инциденти при наличието на ситуация.

Поради характеристиките и ограниченията на БЛС, всички рискове трябва да се намаляват за достигане поне на еквивалентно ниво на безопасност от преди интеграцията. Където е необходимо правилата трябва да се изменят и трябва да са пропорционални на класификацията и мястото на използване на БЛС. Минимално ниво на безопасност на летателната годност се базира на оценка на риска, трябва да се обмисли използването на сертифицирани компоненти в съответствие със стандарта авиационната индустрия (6).

В оптималния вариант при внедряването на БЛС в общото въздушно пространство, новите правила не трябва да добавят ново ниво на усложнение за пилотируемите полети. Като общо правило операциите с БЛС не трябва нито да блокира въздушно пространство, нито да изисква допълнителни процедури или оборудване от пилотната авиация (6).

Също така спешните служби изразяват притеснение за възможността техните БЛС да бъдат блокирани, обект на (кибер) атака или отвлечени и какви стъпки могат да предприемат за да намалят този риск. Има решения на пазара осигуряващи подобна услуга и затова такъв риск трябва да е голям проблем за преодоляване. Това е извън текущата разработка.

1.7. Изводи по глава I

БЛС са напълно нов вектор на развитие на способности, обхващащ няколко сфери на приложение, налагащи свои ограничения: от технологии (телекомуникации и автономни изчисления), през съображения на оперативните единици (организация, планиране на мисията и споделени отговорности за риска) до въпроси относно готовността на персонала (квалификация, сертифициращи и бриветиращи процедури), като всичко това предполага висока степен на проследимост на отговорността за приложение; това ще създаде добра основа за установяване на стандарти за отчетност в бъдеще. В тази глава са формулирани целта и задачите, които трябва да се изпълнят с разработването на тази дисертация. Обработената и анализирана в Глава I литература налага следните изводи относно актуалността на проблема за оценка на риска при бедствия с използване на БЛС. Изпълнени са първите две заложени задачи: „**Дискутиране и класификация на съществуващите БЛС**“ и „**Проучване на особеностите на съществуващите БЛС и добрите практики на употреба**“.

Използването на БЛС има много предимства за службите осигуряващи спешна медицинска помощ. Те ще могат да доставят едновременно информационна поддръжка (осведоменост за ситуацията в реално време или в почти реално време) и помощна подкрепа (например – спускане на животоподдържаща екипировка) по иновативен, гъвкав, икономически ефективен (48) и ефикасен начин (31).

За операции, провеждани във въздушното пространство с трасета и зони за съвместни полети на гражданска и държавна авиация, категоризацията на БЛС ще спомогне за установяване на технологични и организационни сертификати и стандарти, приложими към някои подгрупи БЛС, разгледани в **Глава IV – Анализ на отговорността и внедряване на модела**. За необходимостта от успешна реакция при бедствия и разрушаващи събития БЛС ще трябва да бъдат осигурени със колаборативни системи за

откриване и избягване на сблъсък или да са участник в системите за управление на трафика за да се осигури безопасността на останалите летателни апарати в зоната на действие (49).

Общата терминология и методиката на групиране на средствата ще послужи както в контекста на съвместните операции, така и за нуждите на гражданските власти при определяне на стандарти по отношение на оборудването, проектирането, летателната годност и изискванията към обучението (11). За държава като България едно такова съвместяване на обучението на представители на различни служби (военни, полиция и т.н.) е удачно поради изключителното припокриване на задачите, които изпълняват и участието във взаимни учения за реакция при бедствия.

Извън военните приложения, (50) и (51) разглеждат общественото приемане срещу недостатъците на технологията на БЛС и градската въздушна мобилност (52), това се отнася в частност до служителите за спешна помощ и работниците при бедствия. Американският Червен кръст (9) и Европейската асоциация за номера за спешни случаи (53) анализират изискванията и дават съответните препоръки за политиката – като част от това: предлагат се нови категоризации и се провеждат разследвания/експерименти, обсъждат се етични въпроси (докосвайки се до неприкосновеността на личния живот на гражданите и съображения за данни от наблюдение) и т.н. В контекста на спешната реакция (54) предлагат архитектура на флотилия БЛС.

Действителното моделиране на динамиката на БЛС, въздействието на времето и възможностите на сензорите са проучени от (55). По нататък в тази работа е използвана и доразвита за оценка на риска от БЛС. Освен това, реалните данни относно използването на БЛС се разглеждат от (56), включвайки пет години служба на БЛС в Националната гвардия на САЩ. Други подходящи примери са разгледани от (57) и (58).

Докато оперират с БЛС, спасителните служби не трябва да бъдат освобождавани от всякакви задължения по осигуряване на собствената безопасност и тази на други хора. Точно обратното, те трябва подсигурят, че всички рискове са отстранени и че няма застрашени. Някои рискове свързани с оперирането на БВС са добре известни. Тук е мястото да се спомене, че такава система за докладване на инциденти и „почти инциденти“ трябва да извърви дълъг път до създаването на необходимата прозрачност и аналитичност. Поставянето на идентификация на всяко БЛС и неговия пилот оператор ще позволи да се проследи обратно до потребителя причината за инцидента.

Основните проблеми по време на разрушително събитие са: (i) ниска или никаква инфраструктурна наличност; (ii) подготвен или пострадал персонал; (iii) понижена оперативност на бизнес системата; (iv) проблеми с доставките на оборудване; (v) логистични проблеми за доставяне на оборудване, храна, лекарства и помощни стоки на правилното място и (vi) липса на възможности за наблюдение за изграждане на пълна картина на последиците от разрушителното събитие и точните нужди (18). Всичко това ясно показва, че решения, които не зависят или по-малко зависят от стандартната инфраструктура и помалко зависят от човешки оператори, могат да бъдат от голяма помощ за въпроси (i), (ii) и (iii). БЛС като решение имат огромен потенциал да помогнат при решаването на проблеми (iv) и (v). Освен това, когато те са оборудвани със подходящия полезен товар по отношение на сензорите и могат да работят с малка човешка намеса, всички проблеми (i) до (vi) могат да бъдат решени. Това може да се ползва в национални, институционални и регионални актове като (14) и (59).

В Глава I – Анализ на предизвикателствата и приложенията на БЛС са идентифицирани са силните страни на технологията за оценка на риска при използване на

БЛС. Една разумно избрана платформа може да отговори на целевите изисквания в много отношения, осигурявайки също така разширяване на съществуващите системи чрез трансфер на данни, наблюдение, гъвкавост и допълнителна гъвкавост спрямо споменатите статични технологии (наблюдението би било много по-ефективно от въздушна гледна точка); това би освободило допълнително персонал (19).

ГЛАВА II – АНАЛИЗ НА СЪЩЕСТВУВАЩИТЕ МОДЕЛИ ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА

Пилотната авиация по света се радва на най-добрите рекорди по безопасност, които е имала като брой на инциденти и брой жертви. Създава се очакване, че летенето, като един от най-безопасните начини на придвижване, е имунизирано към рисковете, които могат да предизвикат смърт или сериозно нараняване. Нещо повече – в изследването поръчано от ААБЕС за социалното възприемане на услугите свързани с градската въздушна мобилност (51) хората са споделили, че очакват същите нива на безопасност от новата въздушна мобилност по отношение на доставките с БЛС и въздушните таксита (52). Някои администрации издават документи с препоръки (47). Истината е, че рисковете в текущата авиация са управлявани внимателно, систематично и проактивно от всеки участник в индустрията, започвайки от производителите и летищния наземен персонал до пилотите и ръководителите полети. Това тепърва трябва да се изгради за новонавлизащите участници в лицето на БЛС и въздушните таксита (60).

Настоящите авиационни системи предполагат всички участници да са подходящо обучени и цялото оборудване да отговаря на сертификационни и общоприети стандарти. Тези твърдения не могат да се отнесат със същата сила за операциите с БЛС в днешно време (11) (61). Операторите могат да получат лиценз за дистанционен пилот в голяма част от страните по света без изобщо да демонстрират способност да летят с летателния апарат, включително и в Европейския съюз. А те от своя страна могат да варират в широки граници по отношение на надеждност и качество, тъй като производителите не са задължени все още да отговарят на същите строги изисквания по отношение на проектирането и сглобяването, както в останалата авиация и стандартите, които ги касаят имат да изминат дълъг път до своята зрялост (10).

2.1. ПРИНЦИПИ НА СИСТЕМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТТА

Системата за управление на безопасността (Safety Management System (SMS)) е това, което помага да се осигури авиацията да остане безопасна, осигурявайки цялостен и организационен подход за управление на риска. Повечето специалисти по авиационна безопасност признават термина **„култура на безопасност“**, който е един от най-явните компоненти на SMS и поставя безопасността над удобството или печалбата в ежедневните операции и вземане на решения (62).

Тъй като процесите на SMS са толкова критични за днешната авиация, последвалият предложен метод ще трябва да се пресече по много точки. Много хора в нововъзникналата индустрия на БЛС не са запознати с SMS ако нямат предишен опит в авиацията. В (47) се дават изрични препоръки и съображения за безопасната употреба на БЛС от службите по защита на населението.

Наръчникът за управление на безопасността на ИКАО (62), описва политики, които всяка страна член трябва да институционализира като част от цялостна система за

управление на безопасността. **SMS е набор от бизнес и управленски процеси** приоритизиращи безопасността. Това се отнася не само до страните членки при техните регулаторни задължения, но и за техните организации осигуряващи аеронавигационно обслужване. Съответно много страни членки изискват сертифицирани оператори, в това число организации за поддръжка, карго и пътнически превозвачи, да разработят собствена SMS документация, процеси и процедури. (63) дискутира една разслояване на нивата на системата за безопасност, започвайки от най-ниското – работен процес.

SMS помага да се осигурят безопасни операции извършвайки управление на риска и решавайки задачи по безопасността още в ядрото на дейността на организацията. Съществуват четири общи компонента, макар детайлите да варират значително според организацията, в която се прилагат.

1. Политика по безопасност: Това са документираните процеси, методи и стандарти за осигуряването на оперативна безопасност, държейки управителите отговорни и осигурявайки способи за докладване на своите притеснения за безопасността без страх от ответна реакция
2. Управление на риска: Формален процес използван за оценка на заплахите, опасностите, рисковете и мерките за намаляване, особено когато се променят правилата или начините на работа. Често това е качествен процес включващ експерти в областта. Стъпките са известни като DIAAT: Describe the system, Identify the hazards, & then Assess, Analyze and Treat the risk (Описване на системата, идентифициране на опасностите и след това оценяване, анализиране и обработка на риска). В идеалния вариант този процес трябва да е последователен и повторяем, така че различни хора извършващи анализа да достигнат до подобни заключения.
3. Осигуряване на безопасност: Този компонент осигурява съответствие с политиките, процедурите и правилата чрез одити на безопасните практики, преглед на грешките и инцидентите и използване на събраната информация и анализи за да забележи насоките в заплахите и опасностите за безопасността.
4. Разпространение на безопасността: Изпитана култура на безопасност е критична за успеха на SMS. Този компонент позволява и насърчава такава култура, осигурявайки необходимото обучение и разпространявайки научените уроци и добри практики (lessons learned and best practices).

Система за безопасност на въздушния транспорт

Политики по безопасност	Управление на риска	Осигуряване на безопасността	Промоция на безопасността
• Цели на безопасността • Отговорност и отчетност	• Идентификация на заплахите • Механизми на управление на риска • Действие на безопасността	• Събиране на информация • Анализ на информацията • Приоритизиране на ресурсите	• Обучение по безопасност • Разпространение на информацията • Култура по безопасност

ФИГУРА 6 СИСТЕМА ЗА БЕЗОПАСНОСТ НА ВЪЗДУШНИЯ ТРАНСПОРТ

В практиката Управление на риска за безопасността (Safety Risk Management – SRM) и Осигуряване на безопасността (Safety Assurance) са взаимосвързани. Процесът SRM прави определяне, дали предложената промяна представлява допустимо ниво на риск преди да е направена. Осигуряване на безопасността събира информация за операцията след като е направена промяната за да се увери, че рисковете са ефективно смекчени. Това може да задейства нов процес SRM или други действия, ако проблемът остане (7).

Една от потенциалните слаби връзки в повечето SMS е, че докато се събира информация на няколко етапа от операцията, тя трябва да може лесно да се измери или дори да се достъпи по начин, който позволява да се ползва в процеса на SRM. А в случай на оценка на риска на изцяло нови процеси и процедури, може да няма налична информация, която да се ползва за основа (64). Такъв е случая с нововъзникващите оператори на БЛС. За тях все още не съществува информация, която да позволява количествен анализ. В наръчника на ИКАО е отбелязано „Отсъствието на качествена основополагаща информация може да доведе до прилагане на **качествени методи**“. Дори с налична информация, за да се анализира вероятността от риск, процесът на определяне на сериозността му се основава на качествени категории. Катастрофални, опасни, големи, малки и пренебрежими са най-общите термини, с по-специфични дефиниции за обхвата и сериозността на щетата или нараняването.

С въвеждането на системи, които проследяват поведението и записват инцидентите с БЛС, каквато би била UTM (43), се дава възможност за набирането на голямо количество информация, както по отношение на ЛТХ на БЛС, така и по отношение на изпълнението и поведението на всеки един участник. В бъдеще това ще даде шанс подходите за оценка на риска да стават все по-количествени и да се намали качествения и съответно субективния елемент (7).

2.2. Риск

Вероятността и сериозността на рискът може да се представят в матрица за оценка на риска Таблица 2, което дава предимство да се интерпретира по-лесно и е познато за много професионалисти по авиационна безопасност. Оцветените региони показват дали операцията е допустима (зелена), поносима с някои мерки по смекчаване (жълта) или забранена до вземане на допълнителни мерки (червена).

ТАБЛИЦА 2 МАТРИЦА ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА НА ИКАО

Вероятност на риска	**Сериозност на риска**				
	Катастрофално A	**Опасно B**	**Значително C**	**Минорно D**	**Пренебрежимо E**
Често 5	5A	5B	5C	5D	5E
Случайно 4	4A	4B	4C	4D	4E
Откъслечно 3	3A	3B	3C	3D	3E
Малко вероятно 2	2A	2B	2C	2D	2E
Много малко вероятно 1	1A	1B	1C	1D	1E

Дефиницията на риск (Таблица 2 дава нагледен пример) е комбинацията от честотата (вероятността) нещо да се случи и асоцираното му ниво на сериозност. Тази дефиниция изисква определянето на два параметъра, сериозност и вероятност, за да се оцени риска от операция с БЛС. Цялостният модел на риска предлага фокусиране върху анализа само на категориите уязвимости, които са фатални за трети участници.

Тъй като двете оси най-често са **дефинирани качествено**, експертите в областта оценяващи дадена операция може да достигнат до различни оценки за еднакви факти и информация. При уповаването на фактори като цена, сложност или удачност на взетите мерки, някои (повечето) участници може да склонят да нагодят оценката си така, че операцията да попадне в зона с по-нисък риск, вместо в жълта зона, където трябва да се предприеме действие по намаляване на риска (65) и (66).

От друга страна, запитани да оценят нова операция, за която участниците нямат нито информация, нито опит, може да се получи тенденция да се изместване към поконсервативна посока. Това би дало резултат в червената зона съответно на най-лошия възможен сценарии, независимо колко невероятен може да бъде („Част се отделя от летателния апарат в полет, причинявайки загуба на контрол и сблъсък с наземен горивен резервоар в близост до училище“).

Има налични методи за измерване по двете оси на горната схема, но задълбочено приложение ще изиска редица системни промени, започвайки с образованието и обучението на експертите по SRM, които обикновено не оценяват сценариите по този начин. Оста на честотата може да се раздели допълнително на честота на откази, или за 100,000 операции, честота за 1 милион летателни часа, или някоя подобна метрика (65).

Измерването по оста за сериозност на риска изисква внимателно обмисляне на опасните ефекти, които трябва да се измерят. Изброяване на броя ранени или убити хора дава поглед от твърде високо ниво. Използвайки метрики от медицината за оценка на сериозността на нараняването ще даде по-добра настройка за скалата на сериозността на риска и осигурява средства за системно анализиране на по своята същност качествена природа на оценката на медицинска травма. Изчислението на щета може да представлява по-директен подход при избора на обхват, отразяващ застрахователните претенции, стойност на замяната или двете.

Например, ако 1 kg БЛС се сблъска с 10 m/s с трето лице на земята е необходимо да се представят математически модели за риска от наранявания. Има особени трудности при изготвянето на математическите модели на тези сблъсъци (взимайки предвид голямото разнообразие от форми, материали и т.н. на БЛС) и резултатът може да се въведе при опит да се съдържа значителни неточности (11), (67).

Кинетичната енергия – енергията на обекта от движението му, пропорционална на масата му. Два обекта движещи се с еднаква скорост, но с различни маси имат съответно различна кинетична енергия.

$$E_k = \frac{1}{2} m.V^2$$

Таблица 3 обобщава кинетичната енергия за два популярни спорта с кинетичната енергия от малък БЛС и кинетичната енергия на радиоуправляем модел. Бейзболната топка и голф топката имат необходимата кинетична енергия, която би била смъртоносна в 50% от случаите. В същото време малките БЛС биха имали кинетична енергия, която би довела до летален край едва в 10% от случаите, ако ударят незащитен човек с пълна скорост (67).

ТАБЛИЦА 3 СРАВНЕНИЕ НА ХОРИЗОНТАЛНАТА КИНЕТИЧНА НА НЯКОЛКО ОБЕКТА (44)

	Бейзболна топка	Топка за голф	Нано БЛС	Микро БЛС	Авиомоделен апарат	Малък БЛС	Найголемия авиомоделен апарат
Тегло (kg)	0,15	0,05	0,5	0,75	1	10	25
Сравнителна скорост (km/h)	200	320	70	65	100	50	350
Кинетична енергия (J)	128	131	69	81	326	567	99714

Този процес може да не е устойчив в развитието на оценката на риска, въпреки че употребата на матрица или друго средство за визуализация ще е важно за разбирането как рисковете от новата операция се сравнява с друга референтна точка. Голяма част от случващо се днес от управлението на риска в конкретна организация е фокусирано върху анормални събития – не протекли точно по очакването, но завършили без катастрофа или сблъсък – като предшественици в последователността на събития, които могат евентуално да доведат до катастрофална злополука. Тъй като операциите с БЛС са относително нови и непознати за широката общественост може да са необходими мерки срещу далеч не толкова сериозни откази с цел да не се натрупа обществен скептицизъм към тях. За да се изпълни може да се изиска от застрахователните компании или регулаторите (или и двете) мандат за събирането и споделянето на такава информация.

Моделите на риска, осигуряващи количествени методи за оценка на риска са мощни инструменти, но не и без забележки. Трудностите в комуникацията асоциирани с количествените оценки на риска са типични поради фундаменталните разлики между количественото изражение на риска във формата на вероятност и сериозност и както и пообщия качествен подход за всеки индивид в своето разбиране за риск (68).

Каквито и да са ограниченията асоциирани с количествените оценки, тези прогнози осигуряват ценна информация за риска за хората, взимащи решение. Точността на информацията е изключително зависима от управлението на неизвестните, въведени с модела на риска. Значителното ниво на несигурност може да намали точността на информацията до момент, в който не оправдава изготвянето на такъв трудоемък анализ. В тези ситуации качествената оценка на риска може да е по-чувствителната и по-реализуемата опция, макар и обект на различни интерпретации. Удачно е да се оценят неизвестните в модела на риска за да се реши дали да се препоръча трудоемкият количествен анализ или простият, но по-зависим от експертизата на участниците качествен анализ.

Неизвестните в пълнотата са тези въведени при опит да се моделира комплексна реалност. Типични модели като Анализ на режими на неизправност и последствията (Failure Modes and Effect Analysis – FMEA) и Дърво на отказите (Fault Tree Analysis – FTA) не илюстрират напълно сложността на реалните случаи или сценарии. Несигурността, съответно, нараства и с комплицирането на сценария. Включените сценарии в операциите с БЛС са изключително сложни поради естеството на авиационната система, средата на опериране на БЛС и особено текущия пример на разглеждане – бедствия и разрушителни събития (69). Обикновено включват взаимодействия между БЛС, екипаж, друг трафик, обслужване и управление на въздушното движение (ОВД/УВД) и т.н. в нормални и необичайни операции. Удачно е да приемем, че евентуална количествената оценка на рисковете включени в тези операции ще се обект на неизвестност в пълнотата (68).

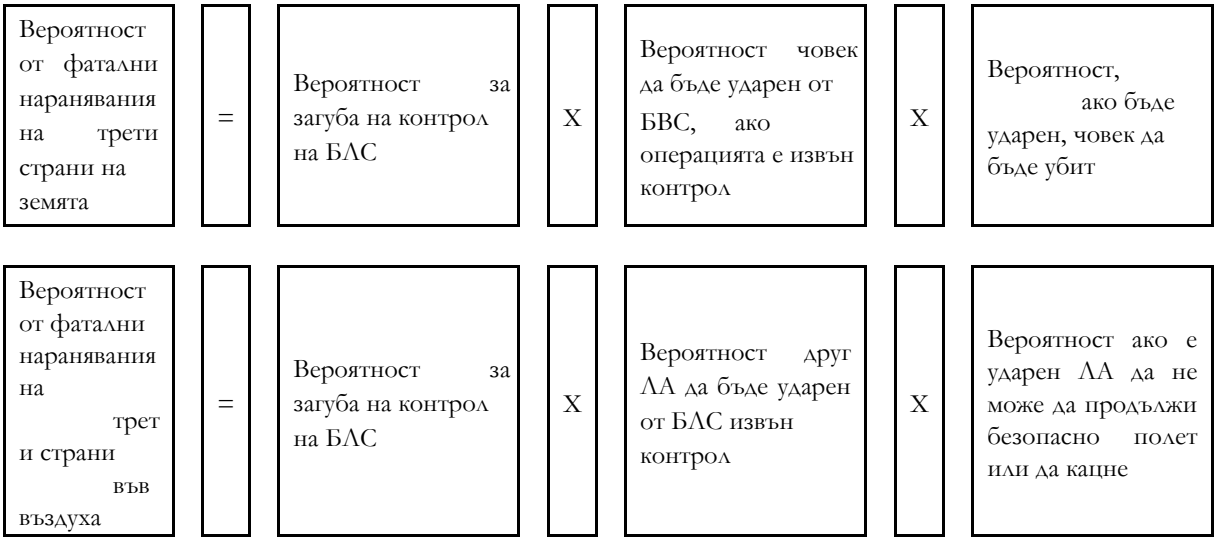
Друг значителен елемент на неточност може да се въведе с опита количествено да се определят човешките реакции в извънредни ситуации или когато се опитва да се въведат в модела събития като електромагнитна интерференция, лошо време и т.н. (70) (71).

Параметричните неизвестни са тези свързани с неточности на стойностите използвани в оценката. Честота на отказ на компоненти, метеорологични параметри, честота на външни събития, честота на човешката грешка и т.н. може да са обект на голяма несигурност освен ако не е наличен значителен опит в боравенето с тази информация. В текущата работа се въвежда предложение за проследяване на тези променливи в **Методи – Модел за избор на БЛС в специфични условия**. Добър нагледен пример е употребата на информация за честотата на отказ на компоненти за БЛС. Съществува огромна информация за голямо разнообразие компоненти. Тази информация е чувствителна по отношение на условията на експлоатация на тези компоненти, до оператор и поддръжка. Много от компонентите използвани в БЛС имат малко историческа информация или са набавени като не-авиационни търговски решения. В тези ситуации е необходима инженерна преценка: стойността се определя отново по качествен начин. Друга значителна несигурност е свеждането на статистическата оценка до разумна стойност (обикновено 95% ниво на сигурност за дадена честота). Оценката на всяка използвана стойност ще носи значителна статистическа неопределеност.

Според горното предположение, рискът от операция с БЛС може да се обвърже и опрости до вероятността дадена категория уязвимост да се случи. Или оценката на вероятността, може да се представи като нивото на увереност, че дадена категория уязвимост няма да се случи. Това е разгледано във Фигура 7.

2.2.1. Категории уязвимост – вероятностна оценка

В (72) вероятността на всяка категория уязвимост да се случи е описана да може да се разложи в конкретни вероятности както следва:



ФИГУРА 7 ОЦЕНКА НА ВЕРОЯТНОСТТА (72)

Всеки компонент може да се оцени индивидуално за да се получи оценка на вероятността за една от категориите уязвимост. Вероятността да има „Операция с БЛС извън контрол“ е обща за всички категории уязвимости. Този елемент от уравненията основно се засяга от опасностите и тяхното ограничение. Вторият и третият елементи от дясно са засегнати основно от съответните ограничения на уязвимостите.

2.2.2. Параметри на риска

Все пак за да се установят адекватни параметри за качествена оценка е удобно да се разбере количествената природа на тези параметри и техните промени. В подкрепа на това разбиране, трябва да се изследва равенство на риска между трите основни категории (Отворена, Специфична и Сертифицирана).

До момента няма регулаторни обосновки за дефиницията на риск за хората на земята като функция на вида БЛС, опериращa над тях (приемайки по-висок риск за някои операции и по-нисък за други). Хората изложени на риск, произтичащ от операции с БЛС, се очаква да са ненаясно от този риск и поради това трябва да са защитени, без значение от конкретната операции.

При въвеждането на трите различни категориите от AABEC се съблюдава принципа за равенство на риска за категории. Броят фатални наранявания на трети лица на земята (макар и дебатируемо, дали да е съотнесен за час полет) се избира като най-добрият параметър, който да отъждестви равнозначността на риска, когато той се държи равен сред различните категории.

Таблица 4 анализира примерни качествени параметри на равенствата:

- Брой фатални наранявания на трети лица на земята (за час полет);
- Брой опасности (за час полет);
- Брой ударени хора (за опасност);
- Вероятността човек да изпита фатално нараняване при удар.

ТАБЛИЦА 4 ПРИМЕРНИ ВЕРОЯТНОСТИ ЗА ПАРАМЕТРИ, ВЛИЯЕЩИ НА ВЕРОЯТНОСТТА ОТ ФАТАЛНО НАРАНЯВАНЕ НА ТРЕТО ЛИЦЕ НА ЗЕМЯТА (72)

	Брой фатални наранявания на трети лица на земята (за час полет)	Брой опасности (за час полет)	Брой ударени хора (за опасност)	Вероятността човек да изпита фатално нараняване при удар
Сертифицирана категория	1E-6	1E-6 до 1E-4	1E-2 до >1	1
Специфична категория	1E-6	1E-6 до 1	1E-5 до > 1	0.01 до 1
Отворена категория	1E-6	1E-2 до 1	1E-5 до 1E-2	0 (безобидно) или 0.01 до 1

Обективността на броя фатални наранявания на трети лица на земята (за час полет):

- Принцип на равнозначност с пилотната авиация;
- Принцип на равнозначност на фатално нараняване на трети лица на земята (за час полет) между отворена, специфична и сертифицирана категории.

Предложенията за обхватите предложени на броя опасности в Таблица 4 („Операция с БЛС извън контрол“) за час полет се обосновават както следва:

- Взема се предвид сертифицираната категория според методиката за сертифициране (73);
- Взема се предвид отворената категория, обхвата на стойностите от най-голямата възможна и не по-добра от 1E-2, при която може да се изпита с някои търговски БЛС;
- За специфичната категория, целия обхват между най-високото (1) и най-ниското (1E6), заявено в специфичните случаи на сертифицираната категория се предполага възможно.

Броят ударени хора за отделна опасност зависи изключително от вида операция (над слабо населени или градски среди) и от характеристиките на БЛС (размери, ЛТХ и т.н.); тези резултати са установени от уравнението за запазване на нивото на защита на трети лица на земята. (74), (75). Тези параметри могат да се ползват и да поставят необходимите прагове за разграничаване между категориите операции с БЛС.

Обхватите Таблица 4, предложени за вероятността човек да изпита фатално нараняване, ако се установи удар са както следва:

- За сертифицираната категория се залага 1.
- За специфичната и отворена категории, вероятността човек да изпита фатално нараняване, ако се установи удар може да варира от 1 до 1E-2 или по-малко. Допълнителни изследвания се провеждат и се пишат стандарти за да оценят БЛС колко са смъртоносни.
- Вероятност равна на 0 се използва за безопасна категория

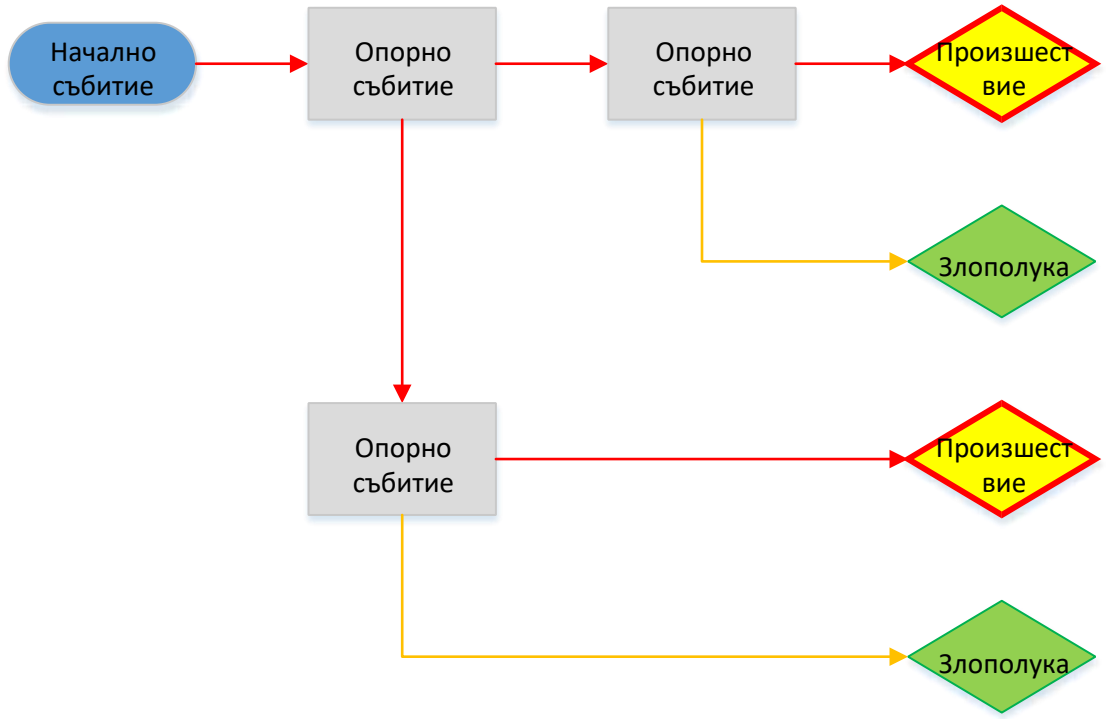
Трябва да се отбележи, че Таблица 4 няма за цел да осигури количествени показатели или качествени нива на сигурност. Единствената и цел е да осигури концептуална препратка за въвеждането на качествени нива за специфичната категория.

2.3. Модел Bowtie/Папийонка

2.3.1. Диаграми за последователност на събитие (ДПС)

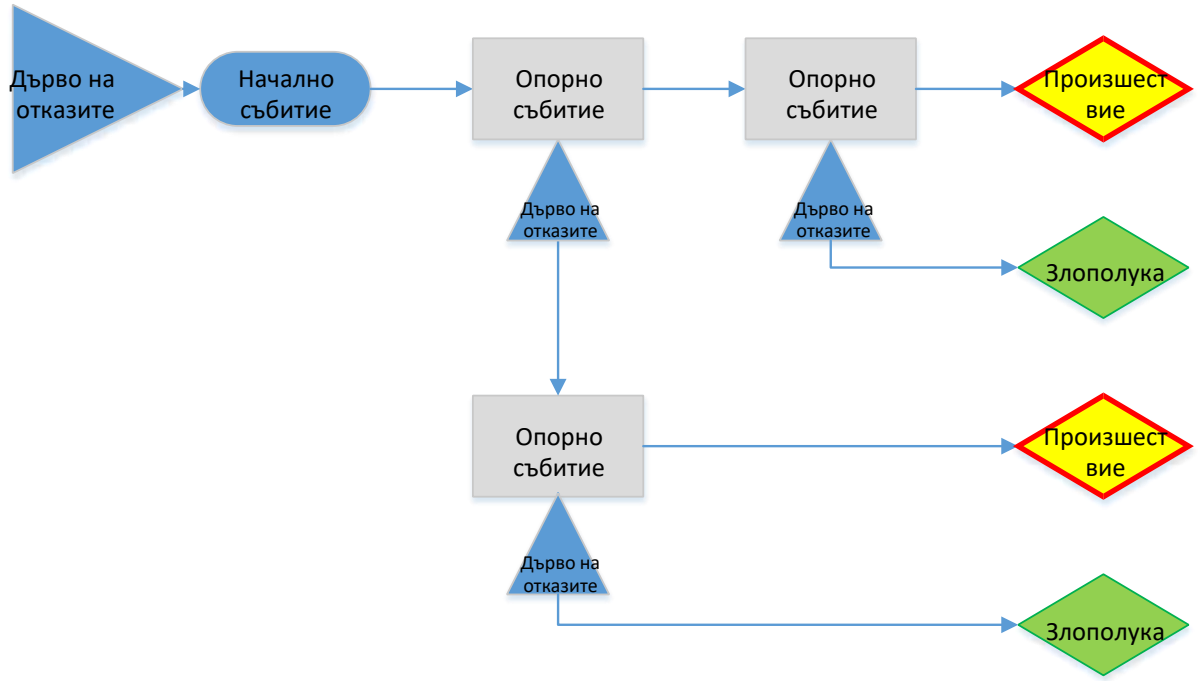
ДПС се състои от начално събитие, основни събития и крайни състояния. Представяне на примерна диаграма е дадена на Фигура 8. Диаграмите осигуряват качествено описание на серия събития водещи до произшествия. Тъй като основните събития също могат да причинят избягването на произшествие, диаграмата моделира и сценарий, който води до инцидент или докладвани събития. Началното събитие представлява началото на основния сценарий на произшествието, например деградация във връзката с летателното средство. То също може да има своите причини и те са представени в дървото на отказите. Всяко основно събитие представя вероятността да сработи предпазна бариера (ограничение) и да се избегне усложнението или съответно да не сработи и да се развие в произшествие. Ако всички основни събития допринесат към нежелан изход, тогава крайното състояние е произшествие. И обратното ако сработят предпазните бариери (ограничения) или съответно ако се предприемат успешни действия за предотвратяване на произшествието може да се продължи с мисията. Една диаграма е достатъчна да се разгледат няколко сценарии за произшествие. В случая с примерната диаграма има два сценария за произшествие (червените линии на Фигура 8) и два за избягване на такова (жълтите линии) (76), (77), (78), (79).

След като са определени функционалните откази, които ще бъдат обект на анализ, следва да се намерят причините на физическо ниво, които могат да ги предизвикат. Обикновено това са комбинации от различни видове откази, за изследването на които се строят **дърво на отказите** или **блокова диаграма на надеждността**.



ФИГУРА 8 ПРЕДСТАВЯНЕ НА СЦЕНАРИИ ЗА ПРОИЗШЕСТВИЕ (77) (78) (80)

ДПС със съответното дърво на отказите може да се разгледа като комбинация от „възли“, където всяко последващо опорно събитие може да е резултат от лошо стечение на обстоятелствата в друго дърво на отказите. На Фигура 8 са показани сценарии за произшествие (червени линии) и за избягване на такова. Всяко дърво на отказите може да се види от лявата страна на възела, докато комбинацията от опорни събития е от дясно. Няколко такива „възела“ са необходими за представянето на пълната авиационна система.

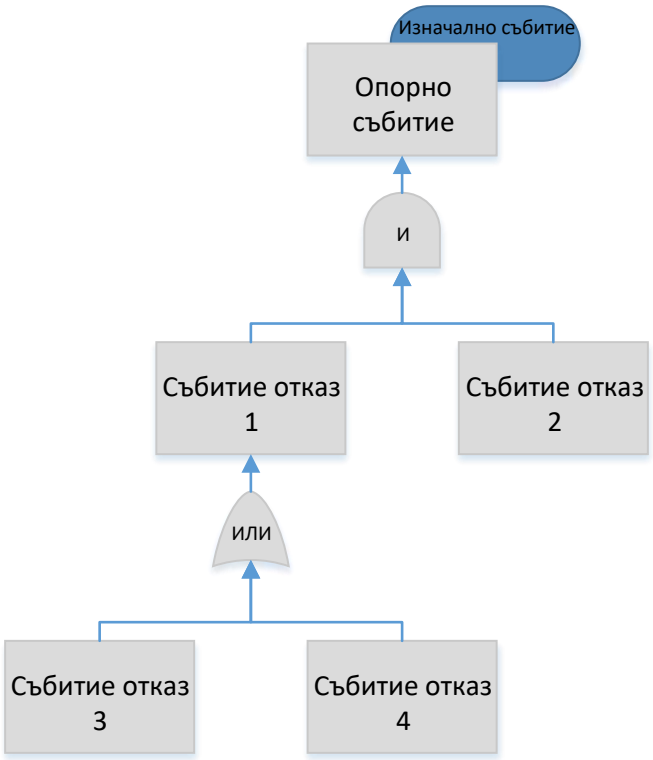


ФИГУРА 9 ВЪЗЛИ НА ДПС (78) (80)

2.3.2. Анализ „Дърво на отказите“

Формулирането на обхвата на анализите се реализира посредством определяне на функционалните откази, които ще се моделират. За целта, използваме главна логическа диаграма. При построяване на тази диаграма се започва с нежелано събитие и се привеждат възможните причини на различни йерархични нива. Дървото на отказите се ползва за представянето на основните причини за начално събитие и опорно такова (81). Примерно такова дърво е дадено на Фигура 5. Дървото се свързва със събитията от ДПС: Най-горното събитие на дървото отговаря на началното или опорно събитие в ДПС. Дървото на отказите показва или развитието на отказите към най-горното събитие или описва спецификациите на най-горното събитие. Събитието в дървото на откази се дефинира като „отказ“ или „условие за отказ“, не като „положително“ събитие. То е непредубедено и ясно дефинирано, основно (не се уповава на специфичен исторически инцидент или произшествие), измеримо и окачествено. Всяко дърво на отказите се състои от събития окачествени като откази и се комбинират с логически връзки. В литературата са описани няколко такива връзки, тук ще ползваме само две (И и ИЛИ).

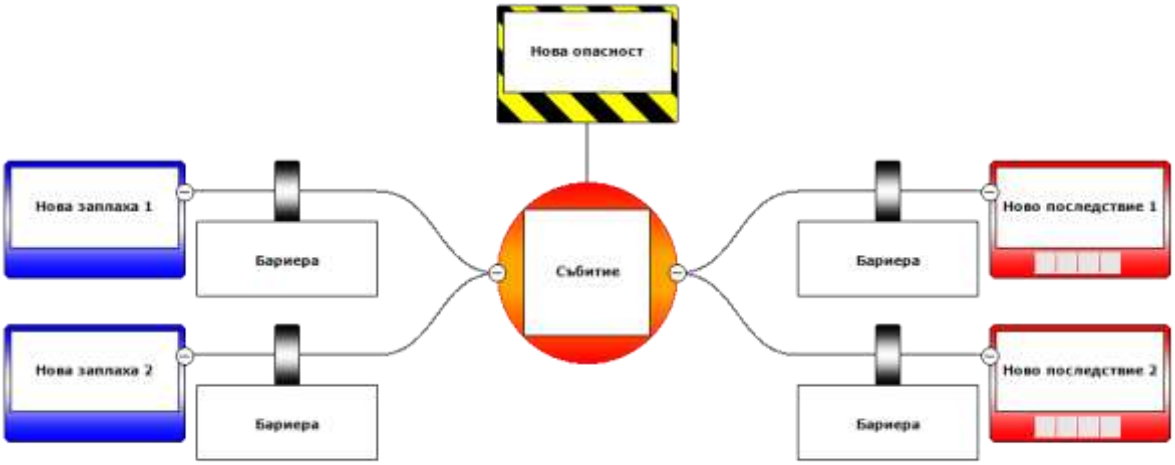
И връзка	Събитието настъпва, когато настъпят събитията под него
ИЛИ връзка	Събитието настъпва, когато настъпи произволно събитие под него в ДПС



ФИГУРА 10 ПРИМЕРНО ДЪРВО НА ОТКАЗИТЕ (76), (80)

2.3.3. Представяне на сценариите за произшествие

Основата на модело базираното представяне на сценарии за катастрофа се формира от събития, които могат да доведат до произшествие ако са преодолени предпазните мрежи (safety nets). Резултатите от анализите на надеждността се използват в процеса на проектиране, при анализи на безопасността и риска, при сертифициране на летателните апарати и при формиране на изискванията към техническото обслужване, процедури и политики. Това определя коректното изпълнение на анализа на надеждност на функционирането (82). Тези събития, които могат да доведат до катастрофи, се описват като заплахи. От своя страна, те настъпват при поредица от събития започващи с определена основна причина, а заплахата може да еволюира в няколко типа произшествия. Често това се описва със „опорно събитие“ на Фигура 11.



ФИГУРА 11 МОДЕЛ BOWTIE/ ПАПИЙОНКА (СОФТУЕР BOWTIEXP)

След като бъде определен проблемът за безопасността, анализаторът трябва да разработи съответния сценарий (или сценарии) на вероятния изход – последствие – авиационно произшествие. Рискът от всеки сценарий трябва да бъде оценен с помощта на модела за оценка на риска за авиационната безопасност. Като правило, най-голямата изчислена стойност за риск, определена за някой от тези сценарии, се счита за стойността на риска, допустим от гледна точка на безопасността на полетите. Представяйки пълната авиационна система се нуждаем от няколко такива „възела“ за описване на всички заплахи, които могат да доведат до произшествия. Отказът на предпазваща бариера (ограничение)след като е настъпила заплаха също има основна причина. Ефективността на такива бариерни модели се разглежда в (83) и (82). Тези причини, на свой ред, също трябва да се представят в модел. За тази цел изготвяме диаграми за последователност на събитие и дърво на отказите (3).

2.4. Цялостен модел на риска (HRM)

HRM е развит за да поддържа оценката на риска от операция на БЛС. HRM осигурява основна рамка за идентифициране на опасностите, заплахите и съответните приложими при операции с БЛС ограничения на уязвимостите и заплахите (63).

HRM моделира асоциирания риск за дадена операция на БЛС чрез следните стъпки:

1. Идентификация на уязвимостите, за които трябва да се оцени риска.
2. Идентификация на опасностите, отнесени към операциите с БЛС.
3. Идентификация на основните заплахи, идентификация на проблемите, които могат да причинят опасност ако не се поддържат под контрол.
4. Идентификация на ограниченията на уязвимостите, идентификация на приложимите смекчавания за конкретна уязвимост за определена опасност. Ограниченията на уязвимостите засягат вероятността, че веднъж след като се случи, тази опасност може да причини вреда и/или сериозността на последствията от опасността са отнесени към уязвимостта.
5. Идентификация на ограниченията на заплахата, идентификация на приложимите смекчавания за конкретна уязвимост, за определена заплаха. Идентификация на ограниченията на заплахата означава вероятността заплаха да причини опасност.

2.4.1. Идентификация на уязвимостта (Harms)

Разглеждат се две категории уязвимост:

- Фатални наранявания на трети страни на земята,
- Фатални наранявания на трети страни във въздуха.

2.4.2. Идентификация на опасността (Hazards)

SORA установява (72), че единствената опасност, отнесена към операциите с БЛС, която може да доведе до всяка от двете категории уязвимости е „Операция с БЛС извън контрол“. Терминът „Операция с БЛС извън контрол“ се дефинира като операция, която

се провежда извън одобрения обхват/диапазон за конкретната БЛС. Това е много поширока концепция отколкото чистата загуба на управление на БВС.

По време на операции с БЛС, особено тези изпълнявани отвъд линията на пряката видимост (BVLOS), ситуационната осведоменост на екипажа е силно зависима от редица елементи, оборудване и съоръжения, осигурени за тази цел. След като екипажът физически не е на борда на ВС е характерно повишаване в трудността за поддържане на управлението на операцията, особено в необичайни оперативни условия. Нарушения на контролираното въздушно пространство или на височинни ограничения, издаването на некоректни команди и т.н. са все случаи на операция извън контрол, дори да се кратковременни.

По време на операция с визуално дистанционно управление (VLOS), загубата на визуален контакт с БВС, дори без да се свързва с отказ на техническа система е пример за операция извън от контрол.

Операция с БЛС операция може да се счита, че е извън контрол, когато имаме събитие на непосредствена опасност от сблъсък между БВС и друг ВС.

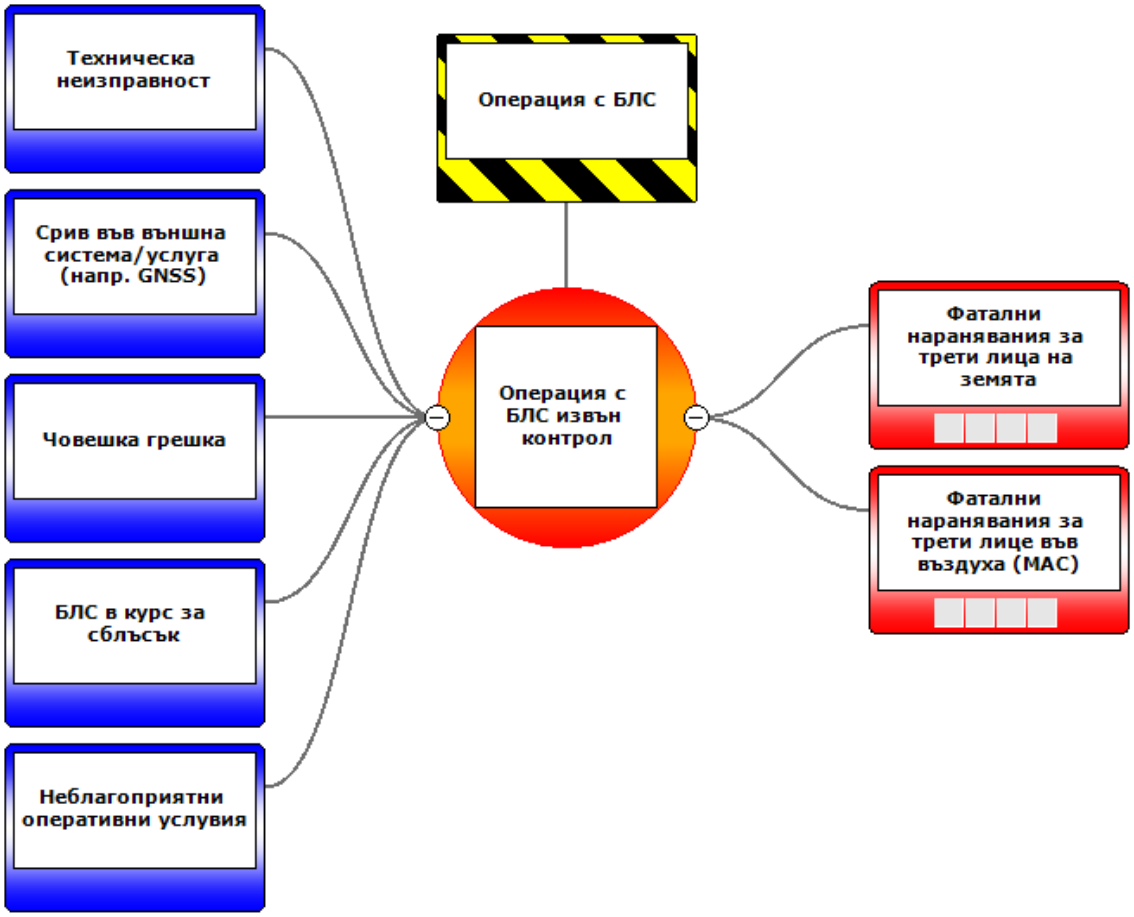
2.4.3. Идентификация на основните заплахи (Threads)

Заплаха се дефинира като събитие, което при липса на подходящите бариери може да доведе до опасност (Операция с БЛС извън контрол).

HRM идентифицира следните пет основни категории на заплахи, потенциално приложими за всяка операция с БЛС:

- Технически проблем с БЛС;
- Човешка грешка;
- БЛС в курс на сблъсък;
- Нарушени оперативни условия;
- Влошаване на външните системи подпомагащи операцията с БЛС.

На Фигура 12 е показван HRM модела с идентифицирани категории опасност, заплахи и уязвимости.



ФИГУРА 12 ГРАФИЧНО ПРЕДСТАВЯНЕ НА „BOWTIE“ НА ЦЯЛОСТНИЯ МОДЕЛ НА РИСКА СПОРЕД JARUS (72)

2.4.4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА СРЕДСТВАТА ЗА НАМАЛЯВАНЕ НА РИСКА

Средствата за намаляване на риска може да се добавят по различни начини (на етап проектиране или оперативно използване), според природата на уязвимостта, която се контролира. В случай, че се разглежда събитие на фатални наранявания на земята, подходящи мерки за намаляване биха били оперативен избор на район за действие с помалка населеност или на етап проектиране да се подбере БЛС с по-малка възможна зона за експлозия.

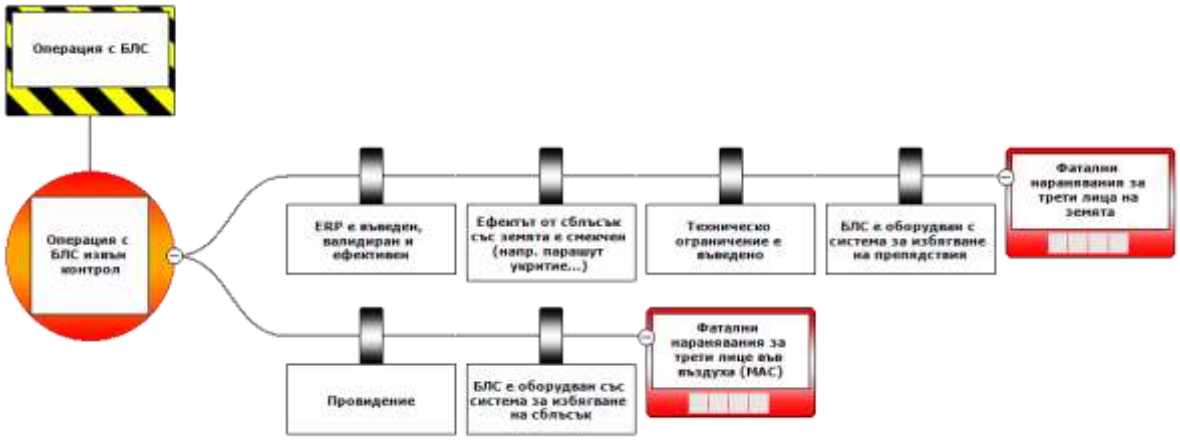
Моделът на риска определя два допълнителни подхода за намаляване на риска при операция с БЛС:

- Да се намалят последствията от опасност, чрез ограничаване на уязвимостите се постига чрез намаляване на вероятността и/или намаляване на ефектите от опасността. Този подход е осъществим при прилагане на ограничения (предпазни бариери) върху уязвимостта.
- Да се намали вероятността за операция с БЛС извън контрол чрез мерки контролиращи заплахите и/или намаляват вероятността за тяхното изпълнение. Този подход е осъществим при приложението на ограничения на заплахата.

2.4.5. НАМАЛЯВАНЕ НА ПОСЛЕДСТВИЯТА ОТ ОПАСНОСТ ЧРЕЗ ОГРАНИЧЕНИЯ НА УЯЗВИМОСТИТЕ

От дясно на диаграмата, представена във Фигура 13 са идентифицирани ограниченията на уязвимостите. Всяка от тези уязвимости може:

- Да намалят ефектите от опасността по отношение на съответната уязвимост и/или,
- Да намали вероятността да се случи опасност, която ще нанесе уязвимост.



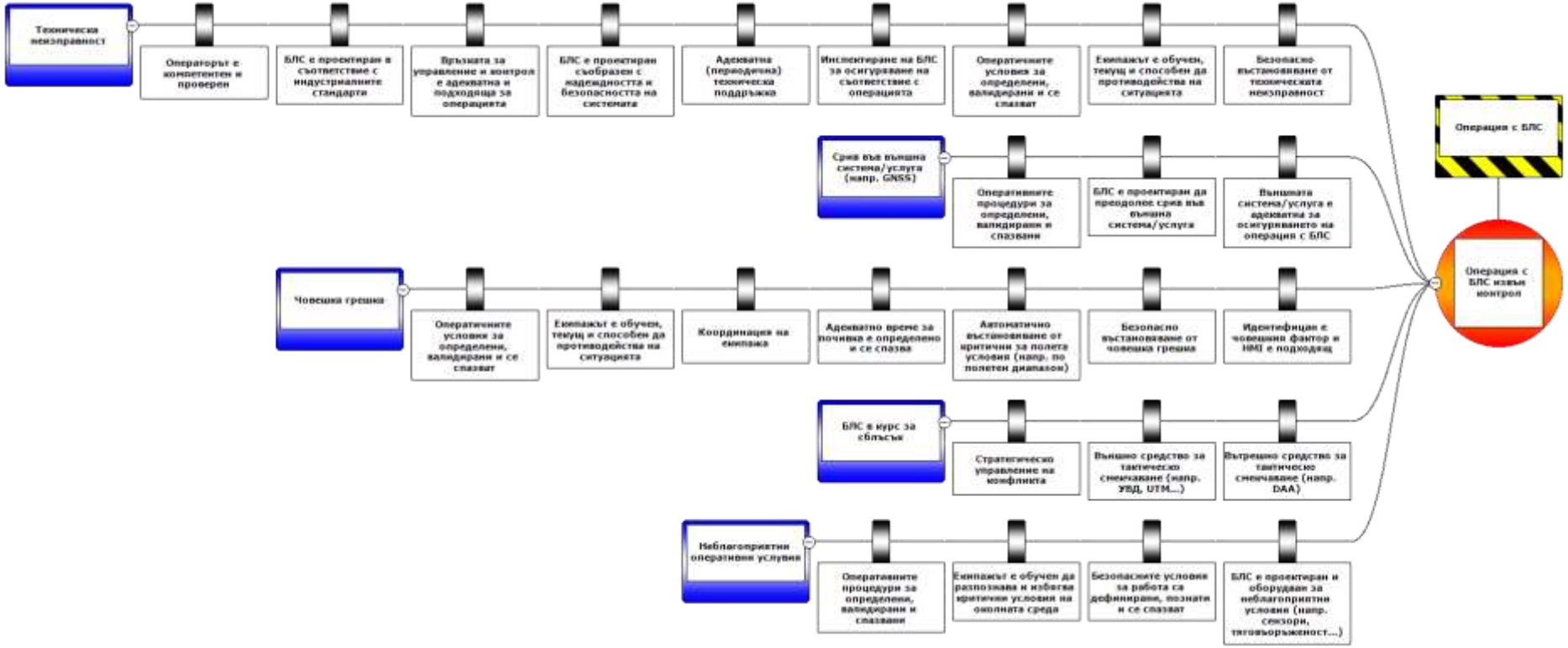
ФИГУРА 13 ПРЕДСТАВЯНЕ НА ВЪЗМОЖНИТЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА УЯЗВИМОСТИТЕ (ПРЕДПРИЕТИТЕ МЕРКИ) (72)

2.4.6. НАМАЛЯВАНЕ НА ВЕРОЯТНОСТТА ОТ ОПАСНОСТ ЧРЕЗ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ЗАПЛАХАТА

От ляво на диаграмата представена във Фигура 14 възможните ограничения на заплахите са идентифицирани и асоциирани с петте основни категории заплахи на HRM модела от Фигура 12. Всяко от тези ограничения за заплахите намаляват вероятността за опасността „Операция с БЛС извън контрол“ като:

- Предотвратява заплаха развитието от заплаха в опасност или -

  Намаляване вероятността от заплаха.


Операция с БЛС
Операция с БЛС извън контрол
Техническа неизправност
Операторът е компетентен и проверен
БЛС е проектиран в съответствие с индустриалните стандарти
Връзката за управление и контрол е адекватна и подходяща за операцията
БЛС е проектиран съобразен с надеждността и безопасността на системата
Адекватна (периодична) техническа поддръжка
Инспектиране на БЛС за осигуряване на съответствие с операцията
Оперативните условия за определени, валидирани и се спазват
Екипажът е обучен, текущ и способен да противодейства на ситуацията
Безопасно-възстановяване от техническата неизправност
Срив във външна система/услуга (напр. GNSS)
Оперативните процедури за определени, валидирани и спазвани
БЛС е проектиран да преодолее срив във външна система/услуга
Външната система/услуга е адекватна за осигуряването на операция с БЛС
Човешка грешка
Оперативните условия за определени, валидирани и се спазват
Екипажът е обучен, текущ и способен да противодейства на ситуацията
Координация на екипажа
Адекватно време за почивка е определено и се спазва
Автоматично възстановяване от критични за полета условия (напр. по полетен диапазон)
Безопасно възстановяване от човешка грешка
Идентифициран е човешкия фактор и HMI е подходящ
БЛС в курс за сблъсък
Стратегическо управление на конфликта
Външно средство за тактическо смекчаване (напр. УВД, UTM...)
Вътрешно средство за тактическо смекчаване (напр. DAA)
Неблагоприятни оперативни условия
Оперативните процедури за определени, валидирани и спазвани
Екипажът е обучен да разпознава и избягва критични условия на околната среда
Безопасните условия за работа са дефинирани, познати и се спазват
БЛС е проектиран и оборудван за неблагоприятни условия (напр. сензори, тяговъоръженост...)

ФИГУРА 14 ПРЕДПАЗНИ БАРИЕРИ ИЛИ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ЗАПЛАХИТЕ (72)

Важно е да се отбележи, че стремежът от прилагането на тази стъпка от намаляването на риска, трябва да е пропорционална на риска от операцията със изпълнените ограничения на уязвимостите (82). Например е ясно, че при операции над ненаселени места, рискът от удара с трети участници на земята е намален от крайното прилагане на ограничение за гъстотата на населението. В такъв случай, рискът вече е намален напълно от употребата на ограничения на уязвимостите и трябва да се приложи минимално усилие за изпълнението на ограничения по заплаха. От друга страна, при операция изпълнена над тълпа е присъщ висок риск, изискващ значително усилие за намаляването на вероятността от опасност.

2.5. Оценка на специфичния оперативен риск JARUS SORA (72)

Оценката на оперативния/експлоатационния риск, изисквана от член 11 от Регламент за изпълнение (ЕС) 2019/947 на Комисията от 24 май 2019 година относно правилата и процедурите за експлоатация на безпилотни въздухоплавателни средства, може да бъде извършена, като се използва методологията, описана в AMC1 на ААБЕС. Тази методология е основно за оценка на специфичния оперативен риск (SORA), разработена от JARUS. ААБЕС би признала и други методологии, които да могат да бъдат използвани от оператор на БЛС като алтернативно средство за съответствие на посочения нормативен документ SORA на JARUS (72).

SORA предоставя насоки, оформени като методика, както за компетентния орган, така и на заявителя за оформяне на заявление за разрешение за експлоатация на БЛС в дадена оперативна среда. Въпреки това, компетентните органи биха могли да решат да адаптират всеки раздел от този документ към своята регулаторна рамка.

SORA е насочена предимно към категория „Специфична“ на операциите с БЛС (или както е дефинирана в документа на JARUS „Оперативна категоризация на БЛС“) и се извлича от прилагането на пропорционалния подход, базиран на риска. SORA не може да послужи за пълна интеграция на всички видове БЛС във всички класове въздушно пространство. Налага се адаптиране на методиката в SORA към конкретен потребителски БЛС или театър на приложението му.

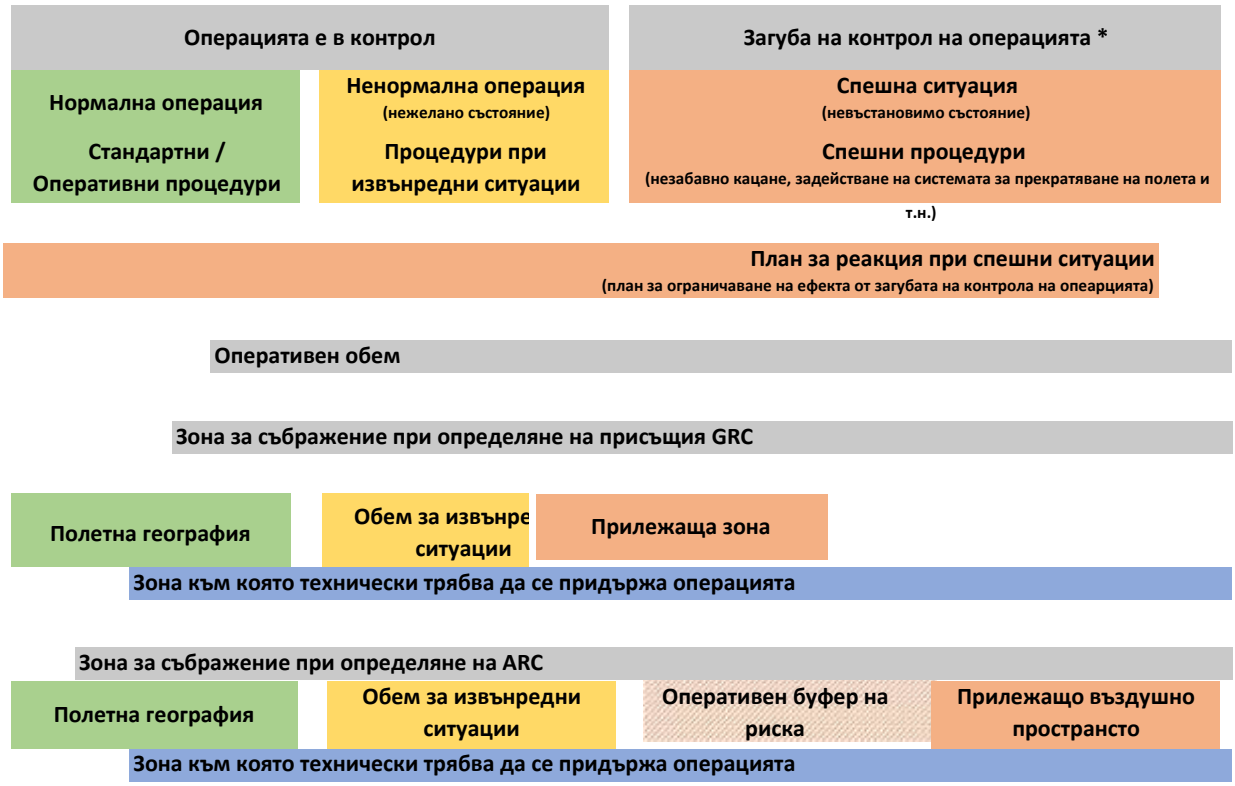
Методиката се основава на принципа на разгледания холистичен/общ модел за оценка на риска за безопасността на летателната система, използван за оценка на различните заплахи, свързани с дадена операция. В крайна сметка, целта е да се сведе до минимум общият риск от изпадане на БЛС в състояние на загуба на контрол, което би довело до потенциална вреда на трети страни във въздуха или на земята (47).

За да се покаже, че операторът може да запази контрол върху БЛС и че операциите са достигнали приемливо ниво на риск, SORA предоставя адекватна комбинация от технологични и оперативни механизми за смекчаване, които ще бъдат разгледани допълнително, отчита известни степени на увреждане на всеки от хората на земята или във въздуха.

2.5.1. Семантичен модел

1) За да се улесни ефективната комуникация на всички аспекти на SORA, методологията изисква стандартизирано използване на терминологията за етапите на операциите, процедурите и оперативните обеми. Семантичният модел, показан на Фигура 15, осигурява последователна употреба на термини

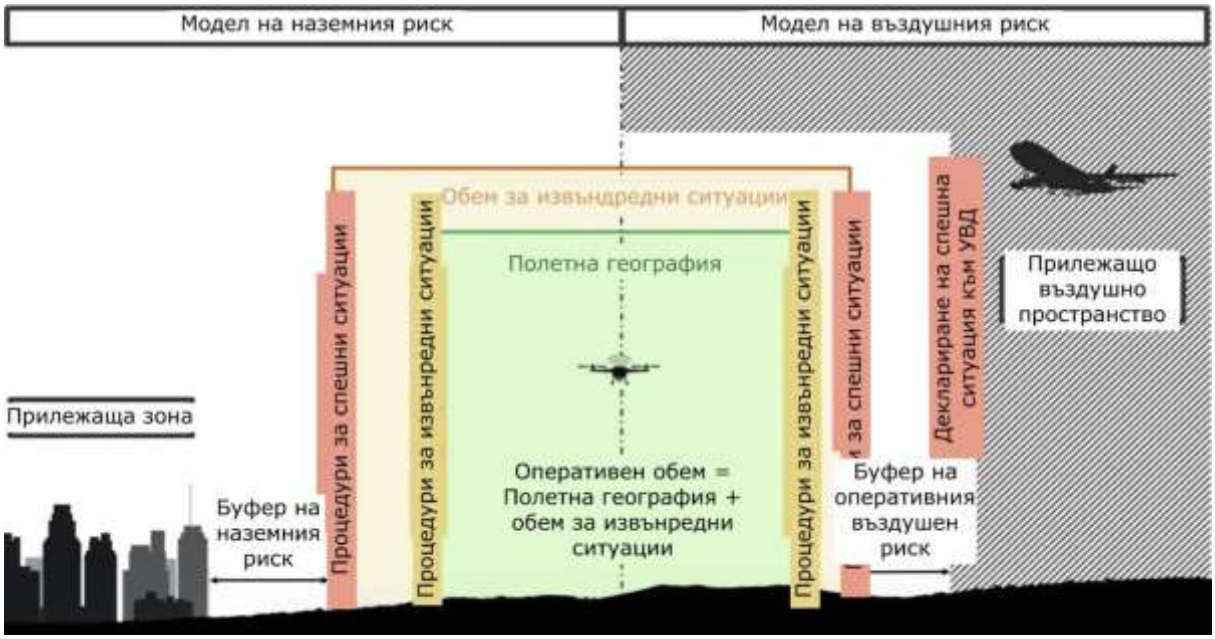
за всички потребители на SORA. Фигура 16 предоставя графично представяне на модела и визуална справка за допълнително подпомагане на читателя при разбирането на терминологията на SORA.



ФИГУРА 15 СЕМАНТИЧЕН МОДЕЛ НА SORA (72)

(*) Загуба на контрол върху операцията съответства на ситуации, когато:

- Изходът от ситуацията разчита най-вече на провидението; или
- Не могат да бъдат обработени чрез процедура при извънредни ситуации; или
- Съществува сериозна и непосредствена опасност от смъртни случаи.



ФИГУРА 16 ГРАФИЧНО ПРЕДСТАВЯНЕ НА СЕМАНТИЧНИЯ МОДЕЛ НА SORA (72)

2.5.2. ВЪВЕДЕНИЕ В ПОНЯТИЕТО ИНТЕГРИТЕТ (INTEGRITY)

1) За правилното разбиране на процеса SORA е важно да се въведе основната **концепция за стабилност** (Robustness). Всяко представено смекчаване на риска или постигане на цел за оперативна безопасност могат да бъдат демонстрирани при различни **нива на стабилност**. Процесът SORA предлага три различни нива на стабилност: ниско, средно и високо, съизмерими с риска.

2) Определянето на стабилността се постига, като се използват **нивото на интегритет** (т.е. повишаване на безопасността), осигурено от всяко смекчаване, както и нивото на осигуряване (Assurance, т.е. метод на доказване), че заявената безопасност е постигната. И двете са базирани на риска.

3) Дейностите, използвани за доказване нивото на интегритет, са подробно описани в Приложения B, C, D и E на SORA. Тези приложения предоставят или насоки, или референтни стандарти и практики, когато е приложимо.

4) Общите указания за нивото на осигуряване (Assurance) са дадени по-долу:

- Ниско ниво на осигуряване е, когато кандидатът просто декларира, че е постигнато необходимото ниво на интегритет.
- Средно ниво на осигуряване е, когато заявителят представи доказателства в подкрепа, че е постигнато необходимото ниво на интегритет. Обикновено това се постига чрез изпитване (пример за технически смекчавания) или чрез доказателство за опит (пример за смекчаване, свързано с хора).
- Високо ниво на осигуряване е, когато постигнатият интегритет е приемлив за компетентна трета страна.

5) Специфичните критерии, определени в приложенията, имат предимство пред критериите, определени в т. 4.

6) Таблица 5 предоставя насоки за определяне на нивото на стабилност въз основа на нивото на интегритет и нивото на осигуряване:

ТАБЛИЦА 5 ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НИВОТО НА СТАБИЛНОСТ (72)

	Ниско осигуряване	Средно осигуряване	Високо осигуряване
Нисък интегритет	Ниска стабилност	Ниска стабилност	Ниска стабилност
Среден интегритет	Ниска стабилност	Средна стабилност	Средна стабилност
Висок интегритет	Ниска стабилност	Средна стабилност	Висока стабилност

7) Например, ако заявителят демонстрира средно ниво на интегритет с ниско ниво на осигуряване, общата стабилност ще се счита за ниска. С други думи, стабилността винаги ще бъде равна на най-ниското ниво на интегритет или на осигуряване.

2.5.3. МЕТОДОЛОГИЯТА НА SORA СЕ СЪСТОИ ОТ ДЕСЕТ СИСТЕМАТИЧНИ СТЪПКИ:

СТЪПКА #1: ОПИСАНИЕ НА КОНЦЕПЦИЯТА ЗА ОПЕРИРАНЕ (CONOPS) / НАРЪЧНИК НА ОПЕРАЦИИТЕ (OPERATIONS MANUAL)

Стъпка #1 е от изключително значение и представлява основният инструмент за първоначална комуникация със съответния компетентния орган, за да се даде възможност да се оценят следващите стъпки и цялостната оценка на оперативния риск.

ConOps, от една страна, описва оператора на БЛС като организация с всичките си процедури и политики за провеждането на операцията, която те възнамеряват да извършат (като информация за траекторията на полета, тип въздушно пространство и гъстота на прелетяното население), включително всички предприети мерки, необходими за безопасни операции, и, от друга страна, техническите характеристики на БЛС и оборудването, което се използва за поддръжка на операцията.

Приложение А към SORA предоставя насоки за събиране и представяне на информация за системата и работата за конкретна операция с БЛС.

Определяне на класа на наземен риск (GRC)

Определянето на класа на наземния риск, количествено, се извършва на два етапа:

СТЪПКА #2: КЛАС НА ПРИСЪЩИЯ НАЗЕМЕН РИСК (IGRC)

Първоначално се определя присъщият наземен клас на риск (мащабиран от 1 до 11) в зависимост от характеристиките на БВС (максимални размери и максимална скорост на полет), както и гъстотата на прелитане на населението.

СТЪПКА #3: ОКОНЧАТЕЛЕН НАЗЕМЕН РИСК

Окончателният клас на наземен риск (който може да бъде по-висок или по-нисък от присъщия наземен клас на риск) се определя, като се вземат предвид конструктивните аспекти, които могат да имат значителен ефект върху леталния изход и три мерки за смекчаване (както е описано в приложение В на SORA):

1. Стратегически смекчаващи мерки, предназначени да намалят броя на хората, изложени на риск на място
2. Смекчаващи мерки, предназначени да намалят ефекта от удар върху земята, след загуба на контрол върху работата
3. Смекчаващи мерки за намаляване на потенциалните опасни ескалиращи/вторични ефекти след загуба на контрол върху операцията чрез наличието на адекватен план за реакция в аварийна ситуация (ERP).

Приложение F на SORA предоставя количествен инструмент в подкрепа на оценката на земния риск (iGRC и окончателен GRC, отчитащи смекчаването на земния риск).

Определяне на въздушния рисков клас (ARC)

Определянето на класа на въздушния риск по качествен начин също преминава през два етапа:

Стъпка #4: Първоначален клас въздушен риск (iARC)

Първоначалният ARC се оценява въз основа на заявеното въздушно пространство в ConOps. Параметрите, които определят четири категории на ARC (a, b, c, d), са: нетипично (например сегрегирано) спрямо типично въздушно пространство, надморска височина, контролирано от въздушното движение срещу неконтролирано, летищна среда срещу нелетищна и въздушно пространство над градска срещу селска среди.

Стъпка #5: Клас на остатъчен въздушен риск

Остатъчният ARC се получава след прилагане на всички съответни стратегически мерки за смекчаване с цел евентуално понижаване на първоначалния въздушен риск. В SORA съществуват два вида стратегически мерки за смекчаване (както е описано в приложение B). Намаляването на въздушния риск са или оперативни ограничения (например граници, време на работа), контролирани от операторите на БВС, или от структурата на въздушното пространство и свързаните правила, контролирани от съответните органи.

Определянето на ARC изисква пълна координация и входове от ДАНО за дадена операция.

Стъпка #6: Изискване за ефективност на тактическо смекчаване (TMPR) и нива на устойчивост

Тактическите смекчаващи мерки се прилагат по време на провеждането на операцията и се използват за смекчаване на всеки остатъчен риск от сблъсък във въздуха, който може да остане след прилагането на стратегическите смекчавания.

Изискванията за тактическо смекчаване на ефективността (TMPR) се отнасят до функциите на откриване, решение, командване, изпълнение и обратна връзка (вижте приложение D) за всеки въздушен риск. Тези смекчавания варират от прости, например твърде много разчита на UTM инфраструктура, до по-сложно оборудване на TSO (Техническа стандартна поръчка) D/SAA, което се справя с риска от некооперативно въздушно движение (тези без средства за обозначаване) и кооперативно въздушно движение.

Стъпка #7: Определяне на SAIL

SAIL (мащабирано от I до VI) след това се определя с помощта на информацията ConOps, дадена в приложение A (Стъпка #1), като директна функция както на крайния GRC, така и на остатъчния ARC.

Стъпка #8: Идентифициране на целите за оперативна безопасност (OSO)

За назначеното SAIL от оператора ще се изисква да покаже съответствие с всяко от 24-те OSO, въпреки че някои може да са по избор за по-ниски SAIL. Тези OSO обхващат следните области, отнасящи се до производителя за проектиране и производство на БЛС, както и до оператора на БЛС:

- Технически проблем на БЛС;
- Влошаване на външните системи;
- Човешка грешка;

- Неблагоприятни условия на околната среда.

Нивото на SAIL диктува нивата на интегритет и сигурност (ниско, средно, високо), които се изискват да бъдат показани за всеки OSO съгласно критериите, предоставени в приложение Е на SORA.

Отново, когато се прилагат заплахи за киберсигурността и могат да имат въздействие върху безопасността, допълнението на приложение Е (под печат) предоставя насоки, за да се гарантира, че се прилагат разумни и пропорционални съображения за кибербезопасност, като се използват същите OSO със съответните критерии за кибербезопасност и като се вземат предвид необходимото ниво на устойчивост.

СТЪПКА #9: СЪОБРАЖЕНИЯ ЗА СЪСЕДНА ЗОНА/ВЪЗДУШНО ПРОСТРАНСТВО

Това адресира риска, породен от оперативна загуба на контрол, която евентуално би нарушила областите, съседни на обема на операциите. Естеството на тези съседни зони, независимо дали са на земята или във въздуха, както е дефинирано в ConOps, по отношение на наземен или въздушен риск, диктуват нивата на изискванията за безопасност, които трябва да бъдат изпълнени с технически характеристики за контрол на въздушното пространство.

СТЪПКА #10: ПОДРОБНО ПОРТФОЛИО ПО БЕЗОПАСНОСТ

Подробно портфолио за безопасност включва всички необходими данни от доказателства за съответствие, които според ConOps, идентифицирани в Стъпка #1, показват, че всички изисквания, произтичащи от следващите стъпки, са изпълнени, включително: смекчаване на наземния риск, водещо до окончателния GRC, стратегически смекчавания, водещи до Остатъчен ARC и свързаните с тях тактически смекчавания, изисквания за безопасност, като се имат предвид прилежащите зони и критерии за оперативни цели за безопасност, свързани с определеното SAIL.

Ако съответствието с изискваните цели за безопасност не е постигнато за даденото SAIL, може да са необходими допълнителни мерки за смекчаване и за допълнително намаляване на GRC и/или ARC или може да се наложи промяна в ConOps.

По своята същност SORA представлява един хибрид между система за управление на безопасността, сертификационни спецификации (73), оперативен наръчник и т.н. В организация с добре разработени, и въведени и спазвани политики и процедури, голяма част от качествената оценка на SORA би влезнала в документацията за акредитация пред властите.

2.6. ИКАО И СЪЗДАВАНЕТО И ПРИЛАГАНЕТО НА SMS В АВИАЦИОННА СРЕДА

Създаването на ефективна SMS изисква не само обширно усилие за изготвянето на документация за политиката, процесите и процедурите, но и еквивалентно усилие за образоване и обучението на всеки в една авиационна организация за прилагане на тези документи във всекидневието. Някои документи може вече да съществуват, други трябва да се осъвременят или пренапишат. Установяването на среда, където няма вина, за докладване на притесненията относно безопасността може да изиска промяната в други политики и процедури на организацията, ако си противоречат.

Много организации се затрудняват да минат покрай „реактивното“ ниво, в което се насочват ресурси за откликване на злополука или спад в безопасността. Дори с поставени „изчислителни“ системи на следващото ниво, може да е трудно да се използва наличната

информация, за да се развие до „проактивно“ ниво, понеже изпълнението им изисква от тези системи да очакват проблеми с безопасността преди да се случи събитие. Крайната цел е да се оперира на „генеративно“ ниво, в което системата SMS е вградена във всички аспекти на авиационна организация и дори малки нередности се откриват и адресират.

Отчита се, че събирането на повече оперативна информация и след оценяване на сериозност и вероятността за настъпване на извънредни събития, е възможно процесите на SRM да се влагат като предвидими и повторяеми (64). В много случаи, автономна система би могла сама да си изпълни такъв вграден процес, като проиграването на утвърден модел на риска за дадена операция и прилагайки мерки за смекчаване или корекции в операцията, които са необходими да посрещнат праговете на съответствие поставени от регулаторите, застрахователите или от самите оператори.

Отговорностите по осигуряване на безопасност може да попаднат под съществуващия отдел за контрол на качеството или може да изискат нови роли на персонала. Осигуряването на правилен инструмент за анализ на информацията от тези хора е критично (66). Много организации вече събират големи количества от информация, тя обаче може да се складира или съхранява по начини, които я правят трудна за разархивиране и визуализация (за обработка). Ефективна програма за осигуряване на безопасността не само изпълнява разследвания на грешки и инциденти постфактум, но и постоянно преглежда рутинната информация на високо ниво за да открие възможни източници за възникването на бъдещи проблеми и грешки. От самото начало екипът по осигуряване на безопасността ще трябва да „дисектира“ цялата организация за да се увери, че новите и съществуващите системи записват правилните видове информация. Например кои са хората в досег с БЛС (или компонент) от деня на пристигане до последния ден на операция? Тези хора се нуждаят от лесни и удобни начини да въвеждат информация за летателния апарат – състояние на ремонт, резултати от наземни изпитание и полетни проверки, записи преди и след полет и всичко случило се неочаквано, като се спазва съществуващия формат за съхранение на информация.

2.7. Изводи по глава II

Необходим е постоянен, повторяем и съразмерен подход към оценката на риска в операциите с БЛС и методически насоки, развити в SORA се приемат за нормативен еталон от националните авиационни власти и авиационни организации в редица държави. В исторически план се ползват субективни, качествени критерии в процеса на одобрение. Това, обаче, води до непълни изводи за опасността базирана на всяка възможна щета.

В общия случай приложното поле само на теория на надеждността не позволява непосредствено да се оцени нивото на системната безопасност, доколкото в теория на надеждността най-важното се явява „преместване“ във времето на момента за настъпване на произшествие. Главната задача се явява прогнозирането на катастрофите, възникващи в сложните структурни системи с определена вероятност (83).

Отъждествяването на понятието „риск“ с определението „вероятност за някакво събитие“, както това е прието в теория на надеждността, е неконструктивно, особено в случаите на изучаване на „управляемите рискове“ и на редки събития с много малка вероятност за възникване.

По задача „**Проучване и анализ на моделите за оценка на риска и безопасността на БЛС**“ – рамката, предложена от ИКАО (62), моделите разработвани от ЕВРОКОНТРОЛ

(84), (82) (66), и моделите на риска SORA (72) могат да се насложат един към друг и да позволят развитието на нова SMS по различни иновативни начини. Следните примери илюстрират някои от тези взаимодействия.

1. Модел на риска оценява всяка операция преди да се състои, извеждайки разнообразни резултати и осигурявайки функционалност за управление на безопасностния риск по систематична, полет-за-полет основа. В дадена регулаторна юрисдикция (организация, община, министерство и т.н.), всички внедрени рискови хипотези трябва да използват единен базов модел, така че резултатите генерирани от различните служби да са съвместими, повторяеми и сравними един с друг. Това фундаментално изискване осигурява политиката авиационна по безопасност да се прилага сред всички аспекти. Този подход е развит в Глава III – Разработване на аналитичен метод за оценка на риска.
2. Отделен оператор може да внедри вътрешен модел на риска, за да спомогне процеса за планиране на полет и да повиши вероятността за одобрение без последващи модификации. Такава услуга за оценка на риска, взаимосвързана с други компоненти на РВД и UTM може да препоръчва одобрение на полетен план към единна цифрова система за планиране. Или услугата за обработката на полетния план може напълно да интегрира модел на риска в информационната си системата, за да предостави и двете способности наведнъж. Всяка от тези пермутации позволяват процес на управление на риска за безопасността за всички потребители на UTM. Този подход е развит в Глава IV – Анализ на отговорността и внедряване на модела.
3. Информационна услуга за анализ на първопричината, е отговорна за проследяването и докладването на полети, осъществявани с по-високо ниво на риск от предвиденото. Подобна услуга идентифицира леки девиации, водещи към предстоящи откази или набор от опасности неправилно оценени в модела на риска. Взети заедно, тези информационни способности осигуряват авиационна безопасност на много високи нива, тъй като тази услуги може да обработват и обобщават големи количества информация, да идентифицират основните фактори на риска преди да настъпи опасно събитие. Информацията, събрана от работещ модела за управление на риска са допълва, като навигационна и телеметричната информация, се събира, съхранява и обработва или от самостоятелно изградена отделна услуга за запис, или от една от услугите описани в предния параграф UTM, или и от двете.
4. Обобщената информация, събрана от система за оценка на риска позволява, позволява вземането на управленски процедурни решения, които да почиват върху цялостното разбиране за операцията, а не само на епизодично развитие в обстановката. Събраната информация е и основа за обучение от грешките, включвайки най-добрите практики и неспирно образование, което се случва в силна култура на безопасност (84).

По задача „**Оценка/анализ на предимствата и недостатъците на съществуващите моделите за оценка на риска**“ заключението е – количествената оценка в контекста на информационни способности за авиационна безопасност на БЛС на този етап е обект на големи неизвестни в пълнотата, моделирането и стойностите на параметрите. В (85) се да предлага алгоритъм за анализ на някои параметри в електронна среда. Заключението на тази работа е, че оценката на вероятността е желателно да е с качествен характер, както е приложима SORA (86).

Ако е налична правдоподобна и проверима информация от експлоатационен опит, то трябва да се използва. Честотата на злополуки за даден продукт, опериращ в специфични

условия може да е валиден параметър и трябва да се използва да подпомага оценката на риска.

Освен рамката предложена от ИКАО в тази дисертация е анализирана и разгледана методологията SORA. Двата механизма за оценка на риска не се изключват, а дори напротив се допълват (87). SORA дава една подробна и разбита на малки стъпки пътна карта, която операторът на БЛС да може да ползва и да изгради операциите си около концепцията за опериране. Ако е добре развита тази документация, изготвена веднъж може да послужи за интегрирането и във политиката на компанията/организацията и да стане част от SMS (86), (64).

Разбира се SORA също не е сребърен куршум и като една качествено изготвена оценка на риска на моменти предпочита да остане по дадени проблеми в консервативна (88). Друг недостатък е, че интерпретацията на едни и същи понятия и положения също е може да варира много, а трябва този процес на оценка на риска да протича в постоянен диалог с властите и да има еднакво разбиране от всички участващи страни (89).

От моделите на ДПС и Дърво на отказите, разгледани в Глава II – Анализ на съществуващите модели за оценка на риска, става ясно, че въпреки високата степен на автоматизация на БЛС е видимо, че последната предпазна бариера, остава адекватната намеса на човека. Част от добрите практики от авиацията (поддръжка, обучение и т.н.) също с успех биха послужили за намаляване на риска от загуба на управление на БЛС и нанасяне на допълнителни щети на хора и сгради (78).

Един нов метод за ползване на множество входни данни и даващ разнообразие от изходи на математически модел за оценка на риска, може да е по-приспособим за дългосрочните нужди на настоящето изследване, отколкото да се правят опити да се вмъкне съществуващ инструмент за оценка на риска. В следващите глави на дисертацията се спазва този насока на изследвания.

Пълния текст на дисертацията можете да откриете тук:

https://ras.nacid.bg/api/reg/FilesStorage?key=38031e55-cfb2-4975-b618-a2692f567e77&mimeType=application/pdf&fileName=11%202023-03-31%20-%20%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BB.pdf&dbId=1