

ПРИЛАГАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА АВИАЦИОННАТА БЕЗОПАСНОСТ И УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА В АВИАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ

Николай Загорски, Ангелина Чожгова¹, Светлозар Асенов¹, Георги Сотиров²

¹Технически университет – София, филиал Пловдив

²Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg; angelinachozhgova@gmail.com; asenov49fish@abv.bg; office@space.bas.bg

Ключови думи: анализ на риска, системи за управление на авиационна безопасност

Резюме: В традиционните системи за оценка на надеждността на сложни системи се решава задачата за определяне на показатели за безопасността, в случай че възникнат особени функционални откази, които водят до авария или катастрофа. Такива събития се случват изключително рядко, с вероятност близка до нулата. Такива събития трудно се поддават на анализ с използване на методите на теорията на надеждността.

IMPLEMENTATION OF MODERN METHODS OF EVALUATION OF AVIATION SAFETY AND RISK MANAGEMENT IN THE AVIATION SYSTEM

Nikolay Zagorski, Angelina Chozhgova¹, Svetlozar Asenov¹, Georgi Sotirov²

¹Technical University of Sofia, Plovdiv Branch

²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: nzagorski_bbc@abv.bg; angelinachozhgova@gmail.com; asenov49fish@abv.bg; office@space.bas.bg

Keywords: Risk analysis, safety management system

Abstract: In traditional systems to assess the reliability of complex systems to solve the task of identifying indicators for safety in the event that any particular functional failures that lead to an accident or disaster. Such events are extremely rare, with a probability close to zero. Such events are difficult to analyze using the methods of the theory of reliability.

Въведение

В традиционните системи за оценка на надеждността на сложни системи се решава задачата за определяне на показатели за безопасността, в случай че възникнат особени функционални откази, които водят до авария или катастрофа. Такива събития се случват изключително рядко, с вероятност близка до нулата. Такива събития трудно се поддават на анализ с използване на методите на теорията на надеждността, доколкото съществуват определени неясноти във взаимната връзка на приложните полета на теорията на безопасността на системите и теорията на надеждността в различните класове „safety“ (безопасност) и „security“ (сигурност), както и определени проблеми при математическата обработка на информацията от материали при малки обеми на статистическите извадки.

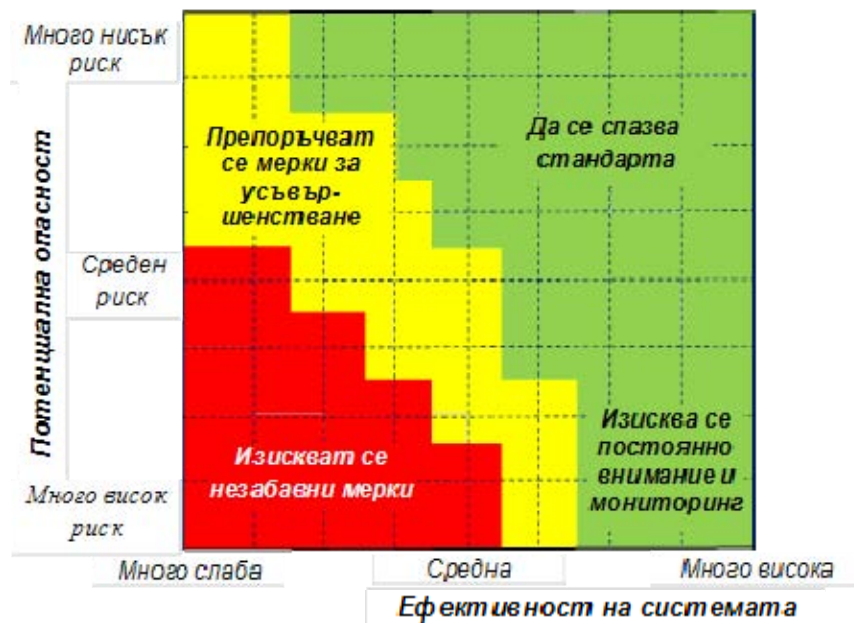
Необходимо е да се анализират и систематизират съвременните методи за анализ на риска и управление на безопасността и сигурността на системата на основата на разработване на модели за опасностите, оценка на риска и определяне на нивото на безопасност, като се отчитат характеристиките на надеждността на изделията и показателите за летателна годност при внедряване в дейността на авиационните оператори на Системи за управление на авиационната безопасност (Safety Management System – SMS).

Понятието „безопасност на полетите“ се основава на определянето на смисъла безопасност като състояние на авиационните системи с приемливо ниво на риска за възникване на нежелателни последствия или загуби в условията на въздействие върху разглежданите системи на опасни фактори, които са породени от външната среда или от самата система. Съвременните методи за анализ на риска от злополуки и неблагоприятни събития и за управление на безопасността на системата са разработени на основата на създаване на модели на опасностите и заплахите, оценка на рисковете и определяне на нивото на безопасността с отчитане на надеждността на отделните елементи и показателите за летателна годност на въздухоплавателните средства при разработване и внедряване на Системата за управление на авиационната безопасност (СУАБ) в дейността на авиационните оператори от гражданската авиация.

За основа при определяне и класифициране на рисковете се приемат признаците за опасни събития, които притежават такива свойства, като „случайност“ за възникване на събитията и произтичащите от тях „загуби“. При това, физическият смисъл на понятието „риск“ (от възникване на опасни събития) се дефинира като математическа категория, а съответната величина на риска или неговото измерване (това, което е възможно да бъде измерено, или това, което може да бъде управлявано с използване на принципите на класическата теория на управлението) се определят на основата на това възможно явление (или събитие), където прилагането на понятието риск е възможно, полезно и необходимо за постигане на целите.

1. Безопасността при функциониране на сложни системи

В настояще време широко се използва формула за оценка на риска, определен в размити множества, където резултатът се получава във вида „Значителен риск“, „Незначителен риск“, „Голям риск“, „Малък риск“ и т.н. Тези характеристики на „риска“ (като определена категория) дават основание същият да се разглежда като математическа величина (символи X, Y, Z), която задава прогнозираното количество опасност в нестандартни (непланирани и застрашаващи сигурността) състояния на системата, когато е възможно да възникне опасно или рисково събитие R (където, както и в теория на надеждността, със символа R се означава дискретно събитие, което може да се случи, а може и да не случи). Съответно, и „състоянието на системата“ може да се приеме в първо приближение (в смисъла на определенията на теория на надеждността) като комбинация на елементите, които се намират във физически състояния от типа „отказ“ или „липса на отказ“. На фиг. 1 е показана матрицата на риска, в зависимост от ефективността на системата и потенциалната опасност.



Фиг. 1. - Матрица на риска

Основните възможни направления при анализа на риска в процеса на функциониране на системите са следните:

- „вероятностен и статистически анализ на безопасността на системите“ с методите на теория на надеждността на основата на понятията за функционалната надеждност на системите от вида „Ако е надеждно, то значи е безопасно“, като при това се допуска, даденото твърдение е напълно вярно, ако е определена някаква незначителна (по стойност) вероятност до първи (функционален) отказ на системата като цяло;

- „анализ на безопасността на системата като състояния в дискретното вероятностно пространство“ посредством сравняване на потенциалните (изчислени) рискове с „приемливите рискове“ да възникне катастрофа с вероятност „почти равна на нула“.

Основните принципни разлики в подходите на анализ на риска в процеса на функциониране на системите на теория на надеждността и на безопасността на системите са следните:

- в теорията на системната безопасност и съгласно международния стандарт ISO 8402 (Quality management and quality assurance – Vocabulary), понятието „безопасност“ е състояние (а не свойство), в което са отчетени характеристиките на източниците на заплахи, опасности и т.н.;

- в теория на надеждността понятието „безопасност“ се разбира като свойство (застъпвано години наред в публикациите на редица автори, което в настояще време предизвиква силни съмнения).

Според основните схващания на теория на надеждността (по отношение на безопасността) се подразбира, че ако „системата е надеждна“ (в смисъла на функционално надеждна), то „системата е безопасна“. В този смисъл, „безопасността – това е свойство“, и „въздухоплателното средство се приема за безопасно, ако отговаря изискванията на действащите правила и норми“. Но трябва да се отчита, че в приложното поле на теория на надеждността не може коректно да бъде оценена безопасността в особени аварийни случаи на функциониране, доколкото за сметка на повишаване на надеждността като „свойство“ може да бъде дадена само препоръка за „преместване в посока на безкрайността“ на момента, в който ще настъпи катастрофа.

По такъв начин, би трябвало да се върви към отказ за използване на остарели понятия – такива, като „Безопасността ... – това е отсъствие на недопустим риск ... и т.н.“. Все повече експерти по авиационна безопасност се изказват против използването на „архаизма“, формулиран през 60-те години на ХХ-ти век в приложното поле на теория на надеждността: „Рискът – това е вероятност, обратна на вероятността за надеждна работа“. В твърдения от този вид има редица неточности, като например: производението на правата и обратната величини е равно на единица, поради което може да става въпрос единствено за вероятността на допълващата функция на надеждността до единица.

2. Безопасността при функциониране на сложни системи

Международната организация за гражданска авиация (ICAO – International Civil Aviation Organization) разработи нов стандарт за Система за управление на авиационната безопасност за различните авиационни организации, включващи авиационни оператори, организации за техническо обслужване, организации за обслужване на въздушното движение, летищни оператори. Най-важна роля в Системата за управление на авиационната безопасност има оценката на риска. От друга страна, по много причини оценката на риска представлява изключително сложна задача. Използваните преди няколко десетилетия методи се характеризираха с висока степен на субективизъм, условности и други сложни моменти.

Първият етап от процеса на оценка на експлоатационния риск е класификацията на риска на отделните събития и представлява първоначален анализ на събитията за да бъдат определени необходимите коригиращи действия и провеждане на по-нататъшно изследване на системата. Този етап служи за идентификация на всяко събитие посредством определяне на числената стойност на свързаните с тях рискове – изключително важно за създаване на статистическа база с данни за авиационната безопасност, които са отражение на идентифицираните рискове. Следващият етап от процеса представлява анализ на данните за известните проблеми на безопасността (Safety Issues). След това рискът от идентифицираните проблеми за безопасността детайлно се оценяват с помощта на специална методика за оценка на такива рискове. Като цяло този процес осигурява възможност за формулиране на всички необходими мероприятия за повишаване на авиационната безопасност, за създаване на системен регистър за по-нататъшен контрол на рисковете и на свързаните с тях коригиращи мероприятия. В крайна сметка това трябва да осигури възможности от осигуряване на функциите на мониторинг за нивото на безопасността, както и да бъде използвано за оценка на рисковете при управление на измененията, което представлява необходимият елемент на системата за управление на авиационната безопасност.

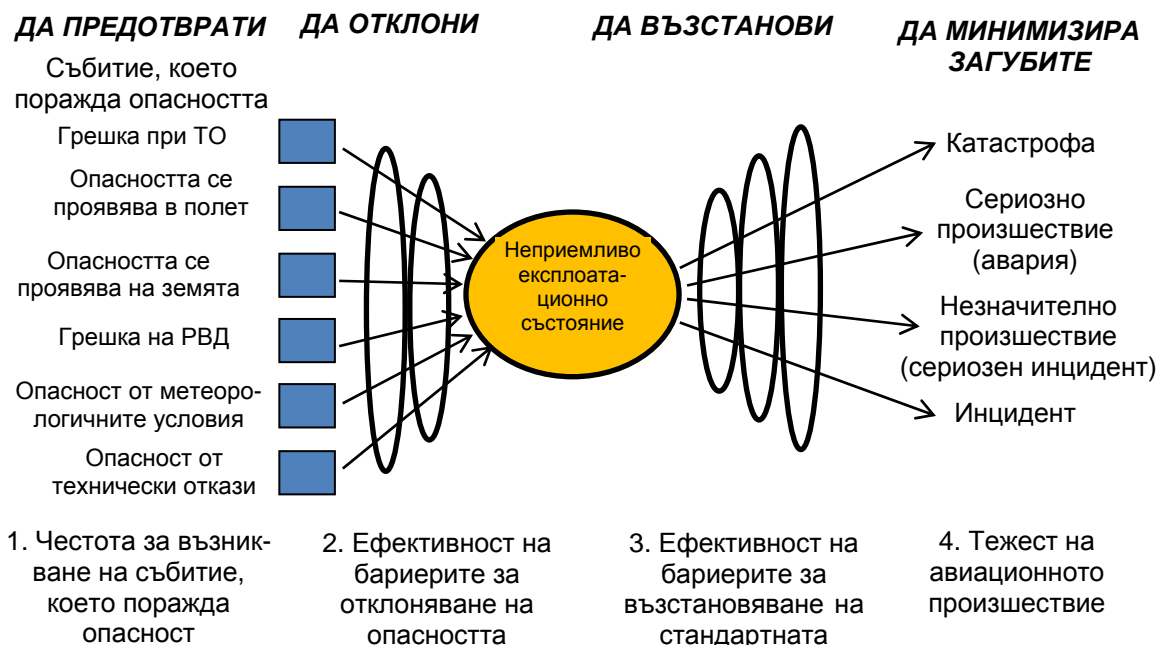
Процесът на разкриване и идентифициране на опасностите е насочен към събиране и анализ на данните по авиационната безопасност в процеса на експлоатация, като по този начин, на практика, се разкриват „Проблемите на безопасността“. Като правило, такива данни за авиационната безопасност включват съобщения и доклади за заплахи за безопасността, задължителните отчети и доклади за събития и такива, разкрити и идентифицирани с помощта на средствата за информация от полетите, както и резултатите от проведените технически разследвания и одити на безопасността. Процесът на разкриване на опасностите представлява обемът информация с входни данни за оценка на рисковете. Съществуват няколко различни източника и типове данни за безопасността, които произтичат от процеса на разкриване и идентифициране на рисковете в авиационната дейност, както това схематично е представено на фиг. 2 за авиационен оператор.

Едно от основните ограничения на класическата формула **тежест x вероятност** (тежестта на последствията, умножена по вероятността за възникване на събитието) е, че тя не дава възможност при изчисленията да се калкулира и ролята на бариерите (т.е. на средствата за контрол на риска). Като правило, първоначално анализаторът трябва да извърши оценка на риска без да отчита съществуващите бариери (по модела на J. Reason – фиг. 3, без да се извършва каквато и да е количествена оценка на тяхната ефективност), а след това да се извърши още една, втора оценка, която да отчита новите допълнителни бариери.

Моделът за оценка на риска за авиационната безопасност въвежда по-съвременна и подобрена формула за оценка на риска. Тя включва в себе си следните четири фактора:

- честота/вероятност за възникване на събития, които пораждат опасности за авиационната дейност;
- ефективност на бариерите за отклоняване на опасността;
- ефективност на бариерите за възстановяване на стандартната ситуация;
- тежест на последствията от авиационно произшествие.

Моделът за оценка на риска за авиационната безопасност е показан на фиг. 4 (по Jary Nisula, 2010 г.). След като бъде определен проблемът за безопасността, анализаторът трябва да разработи съответния сценарий (или сценарии) на вероятния изход – авиационно произшествие (АП). След това, рискът от всеки от тези сценарии трябва да бъде оценен с помощта на модела за оценка на риска за авиационната безопасност. Като правило, най-голямото изчислено значение на риска, определен за някой от тези сценарии, се счита за значението на риска за проблема за безопасността.



Фиг. 4. - Оценка на риска за авиационната безопасност

Инициращото събитие, което поражда опасността, може да бъде от различен произход, като някои от примерите са представени на фиг. 4. Първият фактор е оценката на експозицията (честотата на проявяване) на това събитие. Често тя се изразява чрез показателя (X случая / Y полета).

Неприемливото експлоатационно състояние се определя като „стадий от развитие на сценария на авиационното произшествие (или злополуката, като изход от ситуацията), който сценарий се е развил до толкова, че АП може да бъде предотвратено (без намеса на провидението) само по пътя на ефективно средство (средства) за възстановяване. Средствата за контрол на риска до момента на настъпване на „Неприемливо експлоатационно състояние“ (НЕС) представляват област на отклонения на състоянието, а областта след НЕС – област на възстановяване“. Така например, НЕС може да бъде „излизане на срещен курс с друго въздухоплавателно средство (ВС)“. В този случай възстановяващо средство може да бъде сработване на сигнализацията TCAS в съчетание с правилната реакция на екипажа.

Вторият и третият фактори представляват оценките за ефективност на бариерите за отклоняване на опасността (по модела на J. Reason) и на бариерите за възстановяване на стандартната ситуация. Накрая, четвъртият фактор представлява тежестта на последствията от авиационното произшествие, съгласно възприетата вертикална скала за измерване.

Стойностите на тези четири фактори могат да бъдат изразени чрез класове (например – А, В, С, D) или с числени стойности. За създаване на правилен модел трябва да бъде определено какви комбинации от честотата и тежестта на последиците са т.нар. „допустими“. Един от източниците на такива ограничения представляват нормите по проектиране на въздухоплавателни средства JAR/FAR-1309.

3. Пример за оценка на риска

Трябва да се има предвид, че в моментите, когато се извършва класификация на риска на събитията, анализаторът често разполага само с ограничена по обем информация, каквато обикновено се съдържа в едно съобщение. Поради тази причина класификацията на риска на събитията трябва да се счита не за окончателна оценка на риска, а за първи етап от класификацията на събитията по отношение на оценката на риска. От друга страна е напълно нормален факта, че различните хора виждат някои факти и обстоятелства не такива, каквито ги виждат други хора. Като правило, всеки човек се намира под влияние на собствения си опит от експлоатация на ВС, а това само по себе си може да създава различия в резултатите.

Пример за класификация на риска на събитието: Съобщение за заплаха за безопасността при техническо обслужване (ТО):

След изпълнение на техническо обслужване ВС извършва запуск на двигателите и пробно движение по пътеката за рулиране. След приключване на движението механикът излиза от кабината на екипажа и установява, че вратата на кабината на екипажа не е монтирана.

Каква е била ефективността на останалите бариери между даденото събитие и най-правдоподобния сценарий, отнасящ се до АП				Ако даденото събитие може да доведе до АП, какво би било най-правдоподобното му	Типични сценарии на авиационни произшествия	
Ефективни	Ограничени	Минимални	Не ефективни			
501	50	101	501	Катастрофа	Загуба на ВС, или много човешки жертви (3 и повече)	Загуба на управление, сблъсък във въздуха, неконтролируемо разпространение на пожар, взрив, разрушаване на конструкцията на ВС, сблъсък с повърхността на земята
100	10	21	101	Тежко авиационно произшествие	1 - 2 човешки жертви, множество тежки травми, тежки повреди по ВС	Сблъсък с пистата за излитане и кацане с висока скорост, сериозни травми поради турбулентност в полет
2	4	20	100	Незначителни травми или повреди	Леки травми, незначителни повреди по ВС	Произшествие при буксиране на ВС, незначителни повреди по ВС, щети от лошото време в полет
1				Без последствия, отнасящи се към АП	Няма вероятност за травми или повреди по ВС	Всяко събитие, което не може да прерасне в АП, даже ако в него ще има експлоатационни последици (например, промяна в маршрута на полета, забавяне на излитането и др.

Фиг. 5. - Пример за класификация на риска на събитието

Обикновено, когато подобни събития се оценяват на нивото на организацията по ТО, обикновено съществуват тенденции да се определя високо ниво на риска, тъй като формално ВС не е готово за изпълнение на полета (поради незавършена докрай процедура за ТО), както и поради бурната негативна реакция по повод на факта, че е било пропуснато нещо толкова очевидно.

От друга страна, от гледна точка на летателната експлоатация, липсващата врата не представлява никакъв риск. Преди всичко (и, което е основно) липсата на врата ще бъде забелязана задължително от летателния или салонния екипаж на ВС, даже ако механикът е пропуснал това. На второ място, врата на кабината на екипажа (към салона за пътниците) няма каквато и да е важна функция, от гледна точка осигуряване на авиационната безопасност (но има охраняващи функции за сигурността на екипажа). Поради това, класификацията на риска на събитията в този случай има вида, показан на фиг.5.

Този пример подчертава значимостта на разглеждане на събитията по отношение на фактическите рискове при летателната експлоатация, а не по отношение на последствията за организацията на техническото обслужване. Впрочем, за организацията на ТО това събитие може да стане съществено частно обстоятелство от гледна точка на осигуряване на качеството и поради това да получи висок рейтинг на значимост.

Заклучение

В общия случай приложното поле 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 катастрофата. Главната задача на теорията на безопасността на системите се явява прогнозирането на катастрофите, възникващи в сложните структурни системи с вероятност „почти нула“.

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.

Литература:

1. E a g l e, C., J. D a v i e s, J. R e a s o n. Accident analysis of large scale technological disasters applied to an anaesthetic complication. *Can J Anaesth.* 1992; 39:118-22.
2. I C A O Doc 9859 - Safety Management Manual (SMM), Third Edition - 2013.
3. I C A O Integrated Safety Management website.
4. F A A / E U R O C O N T R O L A T M Safety Techniques and Toolbox, Edition 2.0, Edition date 03/10/2007.
5. R e a s o n, J., Human error, New York, Cambridge University Press, 1990.
6. R e a s o n, J., The mariner's guide to human error, London: Shell International Tankers, 1993.
7. E U R O C O N T R O L Safety Regulatory Requirements - ESARR 4, Risk Assessment and Mitigation in ATM, Edition 1.0, Edition date 05-04-2001.
8. W i l l i a m s o n, J, R W e b b, A S e l l e n, et al. Human failure: an analysis of 2000 incident reports. *Anaesth Intens Care* 1993; 21:678-83.
9. W o o d s, D., J. J o h a n n e s e n, R. C o o k, et al. Behind human error: cognitive systems, computers, and hindsight. CSERIAC State-of-the-Art Report. Wright- Patterson Air Force Base, OH: Crew Systems Ergonomics Information Analysis Center, 1994.

Благодарности

Работата беше подкрепена финансово от Вътрешен проект към ТУ София за подкрепа на докторанти 142ПД0024-24/27.03.2014г.