

Олексій Ростиславович Мартинюк (кандидат технічних наук)

Олег Віталійович Радько (кандидат технічних наук, с.н.с.)

Євген Володимирович Гончаренко

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ В СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ

На даний час командир авіаційної частини приймає рішення на проведення польотів в умовах невизначеності. Відсутність повної вхідної інформації змушує його спиратись на власний досвід та інтуїцію. При цьому існуюча нормативна база не вимагає від особи, яка приймає рішення, проведення оцінювання ризиків щодо реалізації прийнятого рішення для забезпечення безпеки польотів. Як наслідок, якість рішення цілком залежить від компетентності і досвіду особи, яка його приймає. В статті розглядається можливість імплементації підходів теорії ризиків до системи забезпечення безпеки польотів державної авіації. Запропоновано алгоритм прийняття рішення на основі оцінювання ризику. Проведено аналіз методів, що застосовуються в цивільній авіації для оцінювання ризику. Розглянуто доцільність їх застосування для умов діяльності державної авіації. Для вирішення задач оцінювання ризику безпеки польотів державної авіації України запропоновано використовувати поєднання методів Байєсівського аналізування, методу Показників (індексів) ризику та Матрицю “наслідок/ймовірність” розмірністю 5x5.

Ключові слова: забезпечення безпеки польотів; теорія ризиків; державна авіація.

Вступ

Питання вдосконалення існуючої системи забезпечення безпеки польотів (БзП) завжди мали пріоритет у діяльності авіації, і державна авіація не є виключенням.

Постановка проблеми. На даний час оцінка рівня безпеки польотів в державній авіації України не повною мірою відповідає вимогам сучасності та здійснюється з використанням підходів, що засновані ще у 80-х роках минулого сторіччя. На відміну від України, в країнах НАТО стандарти та правила, що регламентують забезпечення БзП, засновані на підходах управління ризиком (УР).

Аналіз останніх досліджень в галузі оцінювання БзП державної авіації України та деяких країн – членів НАТО показує, що підходи теорії ризиків широко використовуються у провідних країнах світу. На даний час міжнародні авіаційні організації, включаючи Міжнародну організацію цивільної авіації (ICAO), Міжнародну асоціацію повітряного транспорту (IATA), Європейську організацію з безпеки повітряної навігації (EUROCONTROL), Всесвітній фонд безпеки польотів (FSF), приділяють підвищену увагу питанням УР БзП. Напрацювання цих організацій лягли в основу сучасних нормативних документів військово-повітряних сил провідних країн світу [1,2,3].

На сьогоднішній день, у нормативних документах, що визначають організацію льотної роботи в державній авіації України методики визначення або розрахунку існуючих ризиків в сфері БзП не існує. Поняття “ризик” взагалі відсутнє. Командир приймає рішення спираючись виключно на власний досвід та інтуїцію. Це, в

свою чергу, негативно позначається на якості процесів прийняття рішень з питань БзП.

Для вдосконалення системи забезпечення БзП державної авіації України, приведення її до вимог стандартів НАТО (STANAG) та застосування для оцінювання ефективності її функціонування наукових методів загального оцінювання ризиків, пропонується розглянути можливість адаптації положень теорії управління ризиками.

Мета статті полягає в виборі придатного методичного апарату оцінювання ефективності забезпечення безпеки польотів для державної авіації України на основі аналізу існуючих світових підходів.

Виклад основного матеріалу дослідження

1. Загальні підходи теорій ризиків.

Повітряним кодексом України визначається, що безпека польотів це стан, за якого ризик шкоди чи ушкодження обмежений до прийняттого рівня [4]. В Україні діє низка національних та міжнародних стандартів що визначають питання управління ризиком [5-7]. Концепція УР, що зазначена в цих документах, широко застосовуються у різних сферах: в економіці, виробництві, сільському господарстві, атомній енергетиці тощо. Методи управління ризиками зайняли особливе місце в підходах щодо оцінювання ризику в питаннях БзП [8].

У міжнародному стандарті ISO 31000 “Risk management – Guidelines” [5] дається основне визначення ризику як впливу невизначеності на цілі. Крім того, наводиться визначення, що ризик – це комбінація наслідків подій (включаючи зміни в

обставинах) та пов'язаної з ними ймовірності подій:

$$R = \{P_i, H_i\}, \quad (1)$$

де P_i – ймовірність виникнення i -ї події, H_i – середній збиток (тяжкість) від i -ї події.

Ризик в області БЗП визначено як передбачувана ймовірність і серйозність наслідків або результатів небезпеки [3]. Математичною інтерпретацією підходу ІСАО є визначення ризику “першого рівня” за класифікацією Каплана-Гарріка, в рамках якого пропонується розглянути набір результатів або “сценаріїв” реалізації можливих несприятливих подій (проявів небезпеки). В роботі Каплана-Гарріка вводиться поняття трійки (triplet) [9]:

$$R = \{S_i, P_i, x_i\}, \quad (2)$$

де S_i - сценарій розвитку несприятливої події (реалізації небезпеки); P_i - ймовірність реалізації даного сценарію; x_i - наслідки реалізації сценарію або міра оцінки серйозності наслідків реалізації сценарію; $i = 1, N$.

Виходячи з (2), небезпеку можна визначити як набір пар $H = \{S_i, x_i\}$ Фізичний сенс даного визначення полягає в тому, що одній небезпеці відповідає кілька можливих сценаріїв її розвитку (S_i) і наслідків (x_i).

Результати реалізації процесу УР допомагають командирю (особі, яка приймає рішення, – ОПР) прийняти виважене рішення в умовах невизначеності.

2. Аналізування ризику

Загальне оцінювання ризику – це та частина управління ризиком, яка дає можливість мати командирю прийняття рішення в умовах визначення негативних (або небезпечних) факторів що впливають (можуть вплинути) на виконання поставленого завдання та їх наслідки. Це логічний процес зважування потенційних витрат (втрат) через ризики у порівнянні з очікуваними вигодами (метою у поставленому завданні). Під час загального оцінювання ризику намагаються відповісти на питання:

що може трапитись і чому?

якими можуть бути наслідки?

якою є ймовірність їх виникнення у майбутньому?

чи існують чинники, що пом'якшують наслідки ризику або знижують ймовірність його настання?

чи є рівень ризику допустимим або прийнятним і чи треба буде його враховувати у майбутньому?

Алгоритм прийняття рішення під час оцінювання ризику наведено на рисунку 1.

Під час аналізу ризику ОПР визначає чинники, що впливають на наслідки і ймовірність. Подія може мати багато наслідків та навпаки – до однакових наслідків можуть призвести різні події.

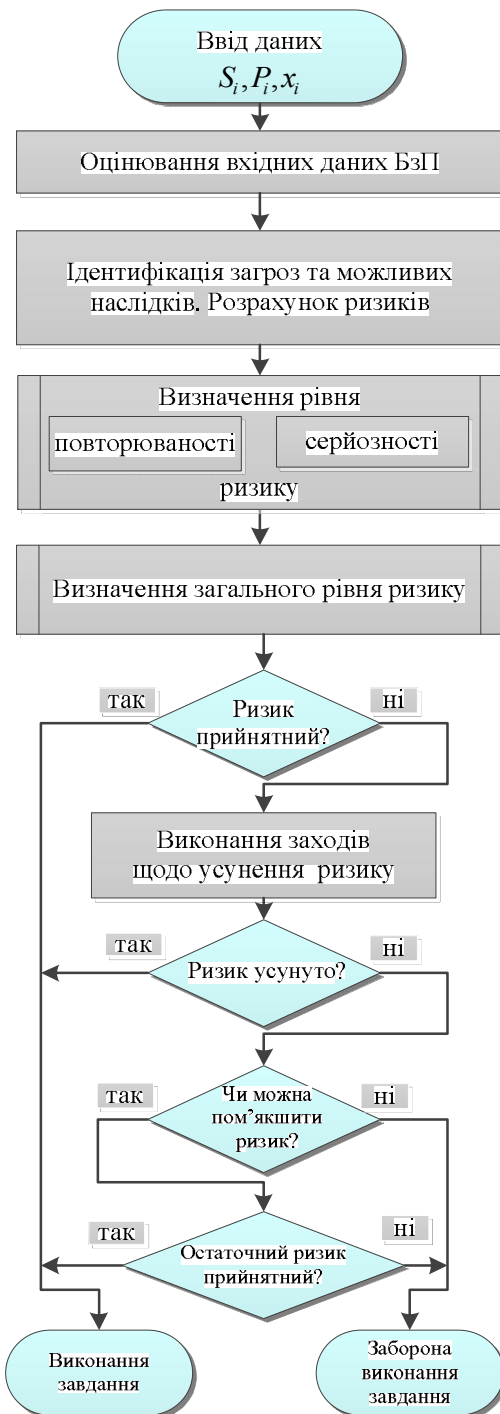


Рис. 1. Алгоритм прийняття рішення під час оцінювання ризику

Аналізування ризику зазвичай передбачає кількісне оцінювання низки потенційних наслідків, які можуть виникати за настанням події, а також пов'язаних з ними ймовірностей, з тим щоби виміряти рівень ризику у конкретних одиницях.

Наслідки можуть оцінюватися як якісно, так і кількісно (в тих випадках, коли збитки можна підрахувати в грошовому еквіваленті). Крім того, наслідки впливів може бути:

незначні, але з великою ймовірністю;

значні, але з малою ймовірністю;

проміжний випадок.

Для кількісного оцінювання ймовірності зазвичай використовують три підходи, які можна використовувати окремо чи спільно:

1. Статистичний метод. Використання відповідних хронологічних даних, щоб ідентифікувати події чи ситуації, які виникали у минулому, і завдяки цьому мати змогу екстраполювати ймовірність їх виникнення у майбутньому. Використання цього підходу доцільно виконувати при оцінюванні ризиків для безпеки польотів в безпеці польотів ДА України. Для цього можуть бути застосовані показники що пов'язані з кількістю авіаційних подій, інцидентів, небезпечних факторів тощо.

2. Метод прогнозування. Використання прогнозних методів, наприклад, аналізування дерева відмов і дерева подій. Якщо хронологічних даних немає чи їх адекватність викликає сумнів, то ймовірність доцільно визначати, аналізуючи модель авіаційної системи (або системи забезпечення БзП), а також пов'язані з ними відмови чи справні стани.

3. Експертний метод. На практиці застосовується низька методів опрацювання експертних суджень, такі як: метод Делфі, методи парних порівнянь, ранжування за категоріями та експертного оцінювання абсолютної ймовірності.

Згідно із загальноприйнятим підходом [6] ризики розділяють на три діапазони:

неприйнятний рівень – верхній діапазон, у якому рівень ризику розглядають як недопустимий незалежно від вигоди що може бути внаслідок діяльності. Необхідний терміновий вплив на ризик, щодо його зменшення незалежно від витрат;

зادовільний рівень – середній діапазон, у якому витрати на компенсування ризику збалансовано відповідно до потенційних наслідків;

прийнятний рівень – нижній діапазон, у якому рівень ризику розглядають як незначний або настільки малий, що жодних заходів з впливу на ризик не потрібно.

3. Підходи до моделювання ризику в області безпеки польотів

У ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 визначено близько 30 різноманітних методів загального оцінювання ризиків. Існуючі методи і математичні моделі, які використовуються для оцінки ризику БзП в цивільній авіації, умовно можна розділити на чотири групи [10]:

1) моделі ризику зіткнення, які використовуються при плануванні повітряного руху;

2) моделі ризику відповідальності перед третіми особами, що використовуються для визначення небезпечних зон навколо аеродромів;

3) моделі помилок персоналу;

4) причинно-наслідкові або каузальні моделі.

Математичні моделі першої та другої груп для вирішення завдань оцінювання ризиків у державній авіації не підходять. Вони застосовуються для визначення мінімумів

ешелонування при плануванні повітряного простору.

Класичний підхід до кількісної оцінки помилок дій персоналу ґрунтується на оцінці ймовірності помилки, значення якої змінюється залежно від різних умов і обставин. Застосування такого підходу, як правило, вимагає проводити аналіз завдань у поєднанні з методами “аналізу дерева несправностей” (FTA) і “аналізу дерева подій” (ETA) для визначення того, в яких ситуаціях виникнення помилки персоналу є найбільш значущим. Крім цього, моделі третьої групи дозволяють враховувати вплив лише однієї узагальненої групи небезпек (“людський фактор”), і при цьому в рамках однієї задачі тільки для одного типу авіаційного персоналу (диспетчер, пілот тощо).

Для оцінювання ризику найбільш застосовуваними є наступні методи: Аналізування небезпечних чинників і критичні точки контролю (НАССР), Структурований метод “Що – якщо” (SWIFT), Аналізування першопричин, Аналізування видів і наслідків відмов та метод Показників (індикаторів) ризику. Проте, на думку авторів, для вирішення задач оцінювання ризику безпеки польотів державної авіації України, як основні доцільно використовувати статистичні причинно-наслідкові методи. До яких відносяться: Марковське аналізування, Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло та Байєсівське аналізування. Як додаткові, будуть корисні методи Показників ризику та Матриця “наслідок/ймовірність”.

На відміну від інших методів, статистичні – засновані на опрацюванні вхідних даних про події, що відбулися в *конкретній авіаційній системі* і мають незначну ступінь невизначеності, а головне – уможливають отримання кількісних вихідних даних.

Основою методу марковського аналізування є концепція “станів” і переходів між ними у часі з урахуванням ймовірності переходу між станами. Обмеженнями застосування даного методу є:

основа методу ґрунтується на припущенні про наявність лише двох можливих станів елементів системи (відмова і відновлення), що далеко не завжди дозволяє коректно відобразити реальні процеси;

використовується припущення, що всі розглянуті події статистично незалежні, тобто майбутні стани не залежать від минулих станів, за винятком стану, який передує безпосередньо;

потребує знання всіх імовірностей змінення стану.

Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло – це засіб оцінювання впливу невизначеності на систему шляхом визначення математичної моделі або алгоритму системи, що досліджується, та виконання певної кількості (в деяких випадках до 10 000) обчислень з вхідними даними, які являють собою випадкові змінні. Обмеженнями застосування даного методу є:

точність рішень залежить від кількості імітаційних моделювань. Моделювання авіаційної системи ДА України є процесом, який складно підлягає формалізуванню через вплив на процеси його функціонування великої кількості факторів. Ймовірність прояву цих факторів достовірно визначити неможливо;

складність побудови великорозмірних моделей; метод має невелику ступень розрізнення між подіями з серйозними наслідками та малоїмовірними подіями і, тому, не дає змогу відображати готовність організації до ризику.

Метод мереж Байеса передбачає використання графічної моделі для зображення низки змінних та їхніх імовірнісних зв'язків. Цей метод знайшов широке застосування завдяки тому, що:

існує пакет прикладних програм для числового аналізу;

- потрібно знати тільки апріорні дані;
- логічні виведення легкі для розуміння;
- необхідно застосовувати лише правило Байєса.

У Байєсівській статистиці параметри розподілу є випадковими змінними на відміну від класичної, де параметри розподілу постійні. Загальний вигляд теореми Байєса:

$$P(A/B) = \frac{P(A)P(B/A)}{\sum_i P(B/E_i)P(E_i)}, \quad (3)$$

де $P(A/B)$ – імовірність події А за умови, що виникла подія В,

$P(A)$ – імовірність події А,

E_i – і-та подія.

Байєсівську ймовірність можна розглядати як ступень довіри особи до виникнення певної події – на відміну від класичного підходу, який базується на матеріальному свідченні подій. Він потребує знання множини умовних ймовірностей, які зазвичай визначаються на підставі експертних висновків. Обробку експертних висновків доцільно проводити з використанням підходів теорії нечітких множин.

Показники (індекси) ризику – це напівкількісна міра ризику, яка є кількісною оцінкою, отриманою з використанням підходу бальних оцінок на основі порядкових шкал. Індекси ризику можна застосовувати для впорядкування серії ризиків, використовуючи подібні критерії з тим, щоб ризику можна було порівнювати. Бальні оцінки застосовують для кожного складника ризику.

Матриця наслідків/ймовірностей – це засіб поєднання якісних або напівкількісних оцінок наслідків і ймовірностей для отримання рівня ризику або ранжування ризику. Форма матриці визначається залежно від ступеня деталізації показників оцінювання ризику. Наприклад, ІСАО [3] як орієнтир представляє ранжування що наведено у таблицях 1-4.

Таблиця 1

Таблиця рівня ймовірності настання ризику БЗП

Характеристика ймовірності	Опис ступеня ймовірності	Рівень
Часто	Може статися в будь-який момент	5
Періодично	Ймовірно, трапляється іноді	4
Рідко	Малоїмовірно, але це можливо (траплялося рідко)	3
Неймовірно	Дуже малоїмовірно, що це відбудеться (невідомо, що це сталося)	2
Майже не можливо	Майже немислимо, що подія відбудеться	1

Таблиця 2

Таблиця рівня серйозності ризику БЗП

Характеристика серйозності	Значення	Рівень
Катастрофічний	<ul style="list-style-type: none"> • Зруйновано літальний апарат/обладнання • Наявні людські жертви 	А
Небезпечний	<ul style="list-style-type: none"> • Значне зниження безпеки польотів • У людей наявні серйозні травми • Літальний апарат/обладнання має серйозні пошкодження (аварія) 	В
Значний	<ul style="list-style-type: none"> • Значне зниження рівня безпеки, • У людей наявні несерйозні травми • Серйозний інцидент 	С
Незначний	<ul style="list-style-type: none"> • Неприємність • Експлуатаційні обмеження • Використання надзвичайних процедур • Інцидент 	Д
Несуттєвий	<ul style="list-style-type: none"> • Незначні наслідки 	Е

Матриця ризиків БЗП

Ризик БЗП		Характеристика серйозності				
Характеристика ймовірності		Катастрофічний А	Значний В	Значний С	Незначний D	Несуттєвий Е
Часто	5	5A	5B	5C	5D	5E
Періодично	4	4A	4B	4C	4D	4E
Рідко	3	3A	3B	3C	3D	3E
Неймовірно	2	2A	2B	2C	2D	2E
Майже не можливо	1	1A	1B	1C	1D	1E

Таблиця 4

Таблиця діапазону ризику БЗП

Індекс ризику	Діапазон ризику	Заходи, що рекомендовано виконати
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Неприйнятний	Негайно вживати заходи для зменшення ризику або припинення діяльності. Посилені профілактичні заходи для зниження індексу ризику БЗП до допустимого (задовільного, прийняттого).
5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A, 1B	Задовільний	Можуть прийматись управлінські рішення на зниження ризику БЗП.
3E, 2D, 2E, 1C, 1D, 1E	Прийнятний	Подальшого зниження ризику БЗП не потрібно.

Перевагами матриці наслідків/ймовірностей є відносна простота у застосуванні та можливість швидко ранжувати ризики за різними рівнями важливості. Проте, існують труднощі з однозначним визначенням шкал рівнів; застосування дуже суб'єктивне, є тенденція до значних розбіжностей суджень осіб, які проводять оцінювання; ризики неможливо агрегувати (тобто неможливо встановити, що конкретна кількість низьких ризиків, ідентифікованих декілька разів, є еквівалентом середнього ризику); завдає труднощів поєднання чи порівнювання рівнів ризику для різних категорій наслідків.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Впровадження підходів теорії управління ризиками в діяльність державної авіації України:

сприятиме прийняттю командиром виважених рішень в умовах невизначеності з врахуванням можливих варіантів розвитку майбутніх подій чи обставин. Це, в свою чергу, позитивно

позначиться на процесах прийняття рішень з питань безпеки польотів;

сприятиме створенню середовища, в якому весь авіаційний персонал буде навчений і мотивований для управління ризиками в усій своїй діяльності;

наближить військову авіацію до розуміння стандартів НАТО з питань БЗП та їх впровадження у повсякденну діяльність авіаційних військових частин.

Для вирішення задач оцінювання ризику безпеки польотів державної авіації України доцільно використовувати поєднання методів Байєсівського аналізування, методу Показників (індексів) ризику та Матрицю "наслідок/ймовірність" розмірністю 5 x 5.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку, на думку авторів, полягають у розробленні математичної моделі авіаційної системи суб'єкта авіаційної діяльності державної авіації України та, з використанням зазначених методів, проведення розрахунків ризиків БЗП в існуючих умовах.

Література

1. NATO STANAG 7106, FLIGHT SAFETY, March 2007, AFSP-1(A). 2. Flight safety for the Canadian Armed Forces. A-GA-135-001/AA-001. 6 July 2015. 3. Safety Management Manual Doc 9859 [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.unitingaviation.com/publications/9859/\(21.01.2019 p.\)](https://www.unitingaviation.com/publications/9859/(21.01.2019 p.)) 4. Повітряний Кодекс України. Указ Президента України № 3393–VI від 19.05.2011. 5. Міжнародний стандарт ISO 31000:2018 "Risk management – Guidelines". 6. Національний

стандарт України ДСТУ IES/ISO 31010:2013 "Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику". 7. Національний стандарт України ДСТУ ISO Gude 73:2012 "Риск менеджмент. Терміни та визначення". 8. Gerd Els, Safety Assessment Methodologies and Application for the Deployment of Laptops in Production System Environment.[Електронний ресурс] // – Режим доступу: <https://www.giac.org/paper/gsec/4219/safety-assessments-methodologies-applica->

tion-deployment-laptops-production-system/106765 (21.01.2019.) 9. Kaplan S., Garric B. On the Quantitative Definition of Risk. Risk Analysis. Vol.1, no. 1, 1981. Pp.

11-27. 10. Netjasov F., Janic M. A Review of Research on Risk and Safety Modeling in Civil Aviation. Journal of Air Transport Management. Vol.14, issue 4, 2008, Pp. 213-220.

ОЦЕНИВАНИЕ РИСКА В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

Алексей Ростиславович Мартынюк (кандидат технических наук)

Олег Витальевич Радько (кандидат технических наук, с.н.с.)

Евгений Владимирович Гончаренко

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В данное время командир авиационной части принимает решение на проведение полетов в условиях неопределенности. Отсутствие полной входной информации вынуждает его опираться на собственный опыт и интуицию. При этом существующая нормативная база не требует от лица, принимающего решение, проведения оценивания рисков относительно реализации принятого решения для обеспечения безопасности полетов. И как следствие, качество решения полностью зависит от компетентности и опыта лица, которое его принимает. В статье рассматривается возможность имплементации подходов теории рисков к системе обеспечения безопасности полетов государственной авиации. Предложен алгоритм принятия решения на основании оценивания риска. Проведен анализ методов, которые применяются в гражданской авиации для оценивания риска. Рассмотрена целесообразность их применения для условий деятельности государственной авиации. Для решения задач оценивания риска безопасности полетов государственной авиации Украины предложено использовать сочетание методов Байесовского анализа, метода Показателей (индексов) риска и Матрицу “следствие/вероятность” размерностью 5x5.

Ключевые слова: *обеспечение безопасности полётов; теория рисков; государственная авиация.*

THE RISK ASSESSMENT IN THE STATE AVIATION SAFETY PERFORMANCE SYSTEM

Oleksii Martyniuk (Candidate of technical sciences)

Oleh Radko (Candidate of technical sciences, associated professor)

Yevhen Honcharenko

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The commander of the aviation unit makes a decision to conduct flights in conditions of uncertainty. Lack of full input information makes him rely on his own experience and intuition. In this case, the existing regulatory framework does not require the decision maker to carry out risk assessment in relation to the implementation of the decision on the safety of flights. And as a result, quality of decision fully depends on a competence and experience of decision maker. The article considers the possibility of implementation of the theory of risks approaches in the system of ensuring safety of flights of state aviation. A decision-making algorithm based on risk assessment is proposed. The analysis of methods used in civil aviation for risk assessment is carried out. The expediency of their application for conditions of state aviation activity is considered. In order to solve the tasks of assessing the safety risks of state aviation of Ukraine it is proposed to use a combination of Bayesian analysis method, the method of Risk Indicators and the 5x5 hazard/frequency matrix method.

Key words: *safety performance; theory of risks; state aviation.*

References

1. NATO STANAG 7106, FLIGHT SAFETY, March 2007, AFSP-1(A). 2. Flight safety for the Canadian Armed Forces. A-GA-135-001/AA-001. 6 July 2015. 3. Safety Management Manual Doc 9859, Forth edition 2018, available at: <https://www.unitingaviation.com/publications/9859/> (21.01.2019) 4. Povitrianyi Kodeks Ukrainy. Ukaz Prezydenta Ukrainy № 3393-VI vid 19.05.2011. 5. ISO 31000:2018 “Risk management – Guidelines” available at: <https://www.iso.org/standard/65694.html>. 6. Natsionalnyi standart Ukrainy DSTU IES/ISO 31010:2013 “Keruvannia ryzykom. Metody zahalnoho otsiniuvannia ryzyku”. 7. Natsionalnyi standart Ukrainy

DSTU ISO Gude 73:2012 “Rysk menedzhment. Terminy ta vyznachennia”. 8. Gerd Els, Safety Assessment Methodologies and Application for the Deployment of Laptops in Production System Environment, available at: <https://www.giac.org/paper/gsec/4219/safety-assessments-methodologies-application-deployment-laptops-production-system/106765> (21.01.2019) 9. Kaplan S., Garric B. On the Quantitative Definition of Risk. Risk Analysis. Vol.1, no. 1, 1981. Pp. 11-27. 10. Netjasov F., Janic M. A Review of Research on Risk and Safety Modeling in Civil Aviation. Journal of Air Transport Management. Vol.14, issue 4, 2008, Pp. 213-220.