

УДК 656.7.08

**ВПЛИВ УМОВ ПРАЦІ НА БЕЗПЕКУ В АВІАТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ**

ГУЛЕВЕЦЬ В. Д.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.,  
ХАЛМУРАДОВ Б. Д.<sup>2</sup> к.м.н., доц.

<sup>1</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова 1, 03680, Київ, Україна, тел. +38(044)4067891

<sup>2</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова 1, 03680, Київ, Україна, тел. +38(044)4067891, e-mail: [batyrk@yandex.ua](mailto:batyrk@yandex.ua) ORCID 0003-2225-6528

**Анотація. Мета.** враховувати можливі наслідки будь-яких змін виробничої обстановки, **Методика.** Оцінка ймовірністю виникнення льотної події за певний проміжок часу. **Результати.** Експериментально отриманні такі залежності на кожному робочому місці які дозволяють знайти розподіл щільності ймовірності помилок оператора.

*Ключові слова:* безпека польотів, безпека трудових процесів

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА БЕЗОПАСНОСТЬ В  
АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ**

ГУЛЕВЕЦЬ В. Д.<sup>1</sup>, к.т.н., доц.,  
ХАЛМУРАДОВ Б. Д.<sup>2</sup>, к.м.н., доц.

<sup>1</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Национальный авиационный университет, пр. Космонавта Комарова, 1, 03680, Киев, Украина, тел. +38(044)4067891

<sup>2</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Национальный авиационный университет, пр. Космонавта Комарова, 1, 03680, Киев, Украина, тел. +38(044)4067891, e-mail: [batyrk@yandex.ua](mailto:batyrk@yandex.ua), ORCID 0003-2225-6528

**Аннотация. Цель.** учитывать возможные последствия любых изменений производственной обстановки, **Методика.** Оценка вероятности возникновения летной события за определенный промежуток времени. **Результаты.** Экспериментально получены такие зависимости на каждом рабочем месте которые позволяют найти распределение частоты вероятности ошибок оператора.

*Ключевые слова:* безопасность полетов, безопасность трудовых процессов

**THE IMPACT OF WORKING CONDITIONS ON SAFETY IN THE AIR  
TRANSPORT SYSTEM**

GULEVETS V. D.<sup>1</sup>, Ph. D., Assoc. Prof,  
KHALMURADOV B. D.<sup>2</sup>, Ph.D, Assoc. Prof.

<sup>1</sup> The Department of life safety, national aviation University, Cosmonaut Komarov Avenue, 1, 03680, Kyiv, Ukraine tel: +38(044)4067891

<sup>2</sup> The Department of life safety, national aviation University, Cosmonaut Komarov Avenue, 1, 03680, Kyiv, Ukraine tel: +38(044)4067891, e-mail: [batyrk@yandex.ua](mailto:batyrk@yandex.ua) ORCID 0003-2225-6528

**Abstract. Goal.** to consider the possible implications of any changes in the production environment. **Technique.** assessment of the probability of occurrence of flight events for a certain period of time. **Results.** Experimentally obtaining such dependencies in every workplace that allows to find the distribution of density of probability of operator errors.

*Key words:* flight safety, the safety of work processes

**Постановка проблеми**

Ефективність діяльності авіаційної транспортної системи (АТС) з виконання головного завдання - забезпечення безпеки та регулярності польотів [1] - багато в чому визначається станом оперативного

управління та регулювання діяльності відповідних підприємств, служб і об'єктів. Якість управління знаходиться в повній залежності від наявності своєчасної та вичерпної інформації про параметри, що визначають як стан системи в цілому, так і рівень

безпеки трудових процесів. На авіаційні структурні підрозділи покладається завдання своєчасно реагувати, правильно враховувати можливі наслідки будь-яких змін виробничої обстановки, активно брати участь в створенні сприятливих умов праці.

### Анализ публикаций

Виробничі та технологічні процеси в АТС за своїм впливом на безпеку польотів поділяються на групи безпосереднього забезпечення безпеки та на групу непрямого впливу щодо безпеки польотів.

До першої групи процесів слід віднести діяльність диспетчерів, керівників польотів і інше., до другої відносять технологічну діяльність інженерно-технічного персоналу, метою якої є забезпечення нормального функціонування різних (радіотехнічних, світлотехнічних і інших) систем забезпечення польотів [1, 2].

### Результаты

Розглянемо зв'язок між деякими аспектами безпеки праці цих категорій операторів (фахівців) і безпекою польотів. Кількісно безпеку польотів оцінюють ймовірністю виникнення льотної події за певний проміжок часу (або визначають за кількістю зроблених польотів або окремих етапів польоту). Виходячи з наведеного поділу авіатранспортних процесів, можна стверджувати, що критерій безпеки ( $K\sigma$ ) містить наступні складові:

$$K\sigma = K\sigma_1 + K\sigma_2 + K\sigma_3 + K\sigma_4, \quad (1)$$

де  $K\sigma_1$  - ймовірність авіаційної події (АП), обумовленої помилками операторів АТС, які беруть участь в технологічних процесах першої групи (керівництво та управління польотами);

$K\sigma_2$  - ймовірність АП, обумовленої помилками операторів, які забезпечують технологічні процеси другої групи;

$K\sigma_3$  - ймовірність АП, обумовленої помилкою екіпажу (льотного складу);

$K\sigma_4$  - ймовірність АП, обумовленої технологічними та конструктивними недоліками авіаційної техніки.

Значення ( $K\sigma_1$ ) визначається як добуток ймовірності помилки оператора на умовну ймовірність виникнення АП при появі помилки оператора:

$$K\sigma_1 = \sum_S^n P_S^1(t) * P_{S\sigma}(t), \quad (2)$$

де  $n$  - число операторів, що беруть участь в забезпеченні відповідного етапу польоту;

$P_S^1(t)$  - ймовірність помилки S-го оператора;

$P_{S\sigma}(t)$  - умовна ймовірність виникнення АП при помилці S-го оператора.

Значення  $K\sigma_2$  знаходиться більш складним способом:

$$K\sigma_2 = \sum_S^m P_S^2(t_1) * P_{S1}(t_2) * P_{1\sigma}^S(t_3), \quad (3)$$

де  $m$  - число операторів 2-ої групи технологічних процесів;

$P_S^2(t_1)$  - ймовірність помилки S-го оператора;

$P_{S1}(t_2)$  - ймовірність відмови S-ої системи забезпечення польотів при помилці оператора;

$P_{1\sigma}^S(t_3)$  - ймовірність АП за умови, що відмовила S-та система.

Співвідношення між складовими правої частини (1), що характеризують внесок різних категорій особового складу, за даними Міжнародної організації цивільної авіації, знаходяться в межах:

-керівництво та управління польотами ( $K\sigma_1$ ) - 7-15%;

- із-за причин збоїв у технологічних процесах 2-ї групи ( $K\sigma_2$ ) - 14-22%;

-наслідки помилок льотного складу ( $K\sigma_3$ ) - 35-45%;

-наслідки недоробок авіаційної техніки ( $K\sigma_4$ ) - 20-25%.

Ці дані дозволяють намітити певні напрямки підвищення безпеки польотів, які не пов'язані безпосередньо з розробкою нової авіаційної техніки та засновані на деяких аспектах вдосконалення умов технічної експлуатації, умов на робочих місцях операторів, тобто на аспектах, які стосуються галузі управління безпекою праці.

Обмеживши аналіз впливу умов праці на безпеку польотів лише операторів служб, які відносяться до АТС, виключаємо з розгляду складові ( $K\sigma_3$ ) і ( $K\sigma_4$ ). Вирази (2) і (3) відображають не тільки за формою розподіл технологічних процесів у АТС на дві групи, але й за своєю суттю відрізняються один від одного. У виразі (2) помилка оператора та виникнення АП розглядаються за один і той же проміжок часу. Отже, обидві ці події відбуваються на деякому етапі польоту літака, для якого оцінюється складова ( $K\sigma_1$ ). У виразі (3) всі події, що знаходяться в причинно-наслідковому зв'язку, принципово різночасові. Звідси випливає істотна відмінність в можливостях  $P_S^1(t)$  і  $P_S^2(t)$ . В деякій мірі ймовірність появи помилки в оператора першої групи обумовлена постійно діючим дефіцитом часу. Нарешті, остання особливість впливає з кількісних співвідношень. Як правило  $n < m$ , а

$$P_S^1(t) \geq P_S^2(t).$$

Основні складові ймовірності помилки оператора як першої, так і другої групи за період часу  $T$  поділяються на три категорії:

$$P_S(T) = P_{1S}(T) + P_{2S}(T) + P_{3S}(T), \quad (4)$$

До першої категорії відносяться помилки оператора, пов'язані з його професійною невідповідністю. Придатність того чи іншого оператора до даної професійної діяльності можна оцінювати критерієм професійної придатності, що представляє собою ймовірність безпомилкової роботи протягом періоду  $T$ :

$$Y_{\text{ПРОФ}}^S = 1 - P_{1S}(T), \quad (5)$$

де  $P_{1S}(T)$  - ймовірність помилки в роботі оператора за період  $T$  (професійна невідповідність). Оцінку

професійної придатності слід проводити для певного набору стандартних ситуацій в умовах, при яких істотно послаблюється вплив можливих супутніх чинників (таких як психофізіологічний стан, метеорологічні умови, винятковість обстановки та інше).

Друга категорія помилок пов'язана з професійною невідповідністю та нетренованістю, невідповідністю до дій в екстремальних умовах. Ймовірність помилок даної категорії оцінюється  $P_{25}(T)$ . З метою зменшення  $P_{25}(T)$  слід періодично проводити навчання операторів, тренування їх на тренажерах. Оцінка  $P_{25}(T)$  з достатньою для практики точністю виконується на тренажерах при моделюванні виробничої діяльності. Ця категорія помилок пов'язана з психофізіологічним станом оператора та істотно залежить від обстановки та умов праці на робочому місці. Так, наприклад, за даними Всесвітньої організації праці тільки раціональне освітлення робочого місця скорочує брак на 25% в технологічних процесах, пов'язаних зі складанням і монтажем вузлів. Перевищення значень шуму санітарних норм на 15-20 децибел (дБ) приводить до появи від 2 до 6 помилок екіпажу за 25 хвилин "польоту" на тренажері. Ще істотніше позначаються умови праці на продуктивність, що є визначальним для безпомилкової роботи операторів першої групи, які діють при постійному дефіциті часу. Так, наприклад, естетичне оформлення приміщень підвищує продуктивність на 25%.

Шум знижує продуктивність на 10-20% при рівнях, що перевищують санітарні норми на 15-20 дБ. Підвищення температури до 32-37 градусів Цельсія знижує продуктивність праці на 50%, число помилок операторів зростає в 5-20 разів. Зростання концентрації чадного газу (СО) в повітрі робочої зони з 200 мг / м<sup>3</sup> до 300 мг / м<sup>3</sup> знижує продуктивність на 50% [3]. Продуктивність праці знижується при підвищенні вологості, тиску й т.і. [4].

Отже, для оцінки складових критерія безпеки польотів ( $K\sigma_1$ ) і ( $K\sigma_2$ ) необхідно розглянути спосіб визначення складової  $P_{25}(T)$ , так як множники  $P_{5\sigma}(T)$ ,  $P_{51}(t_2)$ ,  $P_{5\sigma}^5(t_2)$  з виразів (2) і (3) можуть бути знайдені методами моделювання та уточнені за статистичними даними.

З визначення  $P_{25}(T)$  являє собою ймовірність появи помилок, обумовлених психофізіологічним станом оператора. При цьому розглядаються такі помилки, які здатні викликати АП. Відомо, що залежність інтенсивності помилок оператора від часу носить складний характер (див. рисунок) і підрозділяється на три фази.

Перша фаза, тривалістю від початку трудової діяльності до моменту часу  $t_1$ , називається фазою «припрацювання» та характеризується великим значенням за модулем негативної першої похідної залежності за часом. Друга фаза - фаза стійкої роботи характеризується нульовим значенням першої похідної. Нарешті третя фаза стомлення характеризується зростанням інтенсивності помилок.

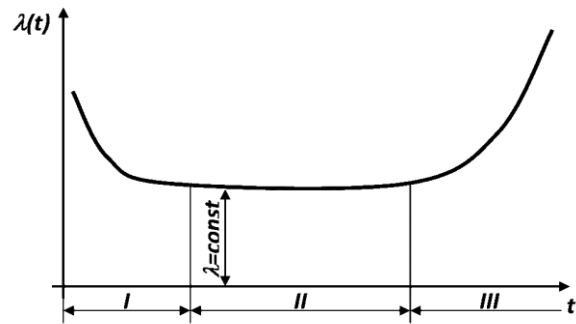


Рис. 1. Інтенсивність помилок оператора / The intensity of operator error

Експериментально отриманні такі залежності на кожному робочому місці дозволяють знайти закон розподілу щільності ймовірності помилок і розрахувати  $P_{25}(T)$ . На жаль такий метод не дає відповіді на питання, які слід проводити заходи, щоб знизити значення  $P_{25}(T)$  [5] і теоретично визначаються наступним чином [6]: нехай  $A$  - множина помилок, які може зробити оператор у момент часу  $t$ ,  $B$  - множина параметрів, що характеризують психофізіологічний стан оператора. Тоді, при відомому відображенні множини  $B$  у множину  $A$

$$\varphi_1: B \rightarrow A \quad (6)$$

для кожного моменту часу  $t$  можна знайти можливі помилки оператора. Очевидно, що множина параметрів  $B$  є відображенням множини  $F$  чинників, що визначають умови праці:

$$\varphi_2: F \rightarrow B. \quad (7)$$

Тоді елемент множини  $A$  (помилка  $a \in A$ ) може бути знайдена як

$$a = \varphi_1(\varphi_2(f)) \in A \quad (8)$$

де  $f \in F$  - чинники впливу. Таким чином, якщо знайти відображення

$$\psi = \varphi_1 * \varphi_2, \quad (9)$$

то можна безпосередньо за множиною чинників, що впливають визначати появу помилок оператора. Відображення  $\psi$  представляє собою стохастичну багатовимірну залежність.

## Выводы

Дослідження таких залежностей може виконуватися на тренажерах, або на пристроях, що моделюють певні сторони діяльності оператора, вплив яких на технологічні процеси домінуючі. Найбільш простий випадок, коли множина включає тільки один чинник. В інших випадках слід використовувати методи багатовимірного статистичного аналізу [6, 7].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Міжнародні стандарти та рекомендована практика. Додаток 19 до Конвенції про Міжнародну цивільну авіацію. УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПОЛ'ЮТИВ. Видання 1-е, липень 2013 р., ІКАО, Canada. – 44 с.
2. Ревук, О. Г. Синтез критеріальних основ побудови ефективної системи управління охороною праці реального часу [Текст] / О.Г. Ревук, В.Д. Гулець, Т.Н. Яворська //Збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ : Держнаглядокхоронпраці, 1997.– с. 56-58
3. Гігієна та екологія: Підручник [Текст] / За редакцією В. Г. Бардова. — Вінниця: Нова Книга, 2006. – С. 259-276.
4. Сетко, А. Г. Оценка риска при мониторинге производственной среды [Текст] / В. М. Боев, Н. Н. Верещагин, Е. В. Ивженко, С. С. Макшанцев, А. Г. Сетко // Сборник трудов Федерального научного центра гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана под ред. академ. РАМН А. И. Потапова. — Н. Новгород, 2004. — С. 107—109.
5. Людський чинник в авіації. Безпека авіації [Текст] / В.П. Бабак, В.П. Харченко, В.О. Максимов та ін.; за ред. В.П. Бабака. – Київ : Техніка, — 2004. – С. 121-141.
6. Гнеденко, Б. В. Курс теории вероятностей [Текст] / Б. В. Гнеденко. – М.: «Наука», 1988. – 446 с.
7. Бююль, А. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей [Текст] / А. Бююль, П. Цёфель – СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2002.— 603 с.

## REFERENCES

1. *Mizhnarodni standarty ta rekomendovana praktyka. Dodatok 19 do Konventsiyi pro Mizhnarodnu tsyvil'nu aviatsiyu. UPRAVLINNYA BEZPEKOYu POL'OTIV* [International standards and recommended practices. Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation. Safety Management]. ICAO, Canada, issue 1, 44 p. (in Ukrainian).
2. Revuk O.G., Hulevets' V.D. and Yavors'ka T.N. *SynteZ kryterial'nykh osnov pobudovy efektyvnoyi systemy upravlinnya okhoro-noyu pratsi real'noho chasu* [Synthesis criterion foundations of an effective safety management in real time]. *Zbirnyk materialiv II Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [Proceedings of II All-Ukrainian Scientific Conference]. Kyiv : Derzhnahl'yadokhoronpratsi, 1997, pp 56-58. (in Ukrainian).
3. Bardov V.H. *Hihiyena ta ekolohiya: Pidruchnyk* [Hygiene and Ecology: Textbook]. Vinnytsya : Nova Knyha, 2006, pp. 259-276. (in Ukrainian).
4. Boev V. M., Vereshchahyn N. N., Yvzhenko E. V., Makshantsev S. S. and Setko A. H. *Otsenka riska pri monitoringe pro-izvodstvennoy sredy* [Risk assessment for monitoring the working environment]. *Sbornik trudov Federal'nogo nauchnogo tsentra gihieny im. F. F. Erismana pod red. akadem. RAMN A. I. Potapova* [Collection of the Federal Scientific Center for Hygiene works them. FF Erisman ed. acad. A.I. Potapov]. Nizhniy Novgorod, 2004, pp. 107-109. (in Russian).
5. Babak V.P. *Lyuds'kyy chynnyk v aviatsiyi. Bezpeka aviatsiyi* [Human factor in aviation. Aviation safety]. Kyiv : Tekhnika, 2004, pp. 121-141. (in Ukrainian).
6. Gnedenko B. V. *Kurs teorii veroyatnostey* [The course in probability theory]. Moscow: Nauka, 1988, 446 p. (in Russian).
7. Byuyul A. *SPSS: Iskusstvo obrabotki informatsii. Analiz statisticheskikh dannykh i vosstanovlenie skrytykh zako-nomernostey* [Art information processing. Analysis of statistical data and restore hidden patterns]. Sankt-Peterburg: ООО «DiaSoftYuP», 2002, 603 p. (in Russian).

Статья поступила в редколлегию 15.09.2016

УДК 656.259.2

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПЕРЕВИЩЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЯМИ ЗАБРУДНЕНЬ АТМОСФЕРИ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ ВЕЛИЧИН

ДЕМИДЕНКО А.С. <sup>1\*</sup>, асп.

ФАЛЬКО В. В. <sup>2\*</sup>, к.т.н.

ПОЛЩУК С. З. <sup>3\*</sup>, д.т.н, проф.

ПОЛЩУК А.В. <sup>4</sup>, к.т.н., доц.

ЗІНЧЕНКО В. Ю. <sup>5\*</sup>, інж.

<sup>1\*</sup> Кафедра гідрометеорології та геоєкології, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпро, 49010, Україна. e-mail: [uta.art@mail.ru](mailto:uta.art@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-2279-2569

<sup>2\*</sup> Кафедра прикладної екології, Сумський державний університет, вул. Р.-Корсакова, 2, 40007, Суми, Україна, тел.+38(0542) 33-12-05, ; e-mail [vera\\_falko@ukr.net](mailto:vera_falko@ukr.net), ORCID ID: 0000-0011-0012-0013

<sup>3\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562) 47-02-98, e-mail: [psz@mail.pgasa.dp.ua](mailto:psz@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-6473-253X