

УДК 656.7: 629.7.072

О.М. РЕВА, О.М. МЕДВЕДЕНКО

Кіровоградський національний технічний університет

## КРИТЕРІЇ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ В МОНІТОРИНГУ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД)

Спираючись на статистичні і імовірнісні критерії безпеки польотів, запропоновані ІКАО та Міждержавним авіаційним комітетом, розглянуті питання моніторингу авіаційних подій та контролю факторів ризику. Визначені вимоги до системи управління безпекою польотів, яка має забезпечувати вияв фактичних і потенційних загроз безпеці; гарантію прийняття і реалізації заходів корегування, потрібних для зменшення факторів ризику / небезпеки і безперервний моніторинг і регулярну оцінку досягнутого рівня безпеки польотів. Наведені конкретні норми безпеки, яких мають дотримуватись і постійно збільшувати експлуатанти авіаційної техніки. Подані схеми циклу безпеки та процесу керування безпекою.

**критерії безпеки польотів, авіаційні події, людський фактор, моніторинг, контроль факторів ризику, система управління безпекою**

### 1. Актуальність проблеми

Авіаційна транспортна система (АТС) завжди була і буде джерелом підвищеної небезпеки для життя і здоров'я людей, незважаючи на суттєве збільшення надійності її технічних складових [1 – 3]. Тому АТС має властивість *небезпеки*, а безпека польотів (БП), у її нинішнім розумінні, фактично характеризує наскільки вона (АТС) *небезпечна*. Природно, що відповідний моніторинг реального стану системи, вдосконалення її ланок та забезпечення ефективності, у т.ч. за показником безпеки, неможливо здійснити без виявлення та аналізу певних кількісних характеристик – критеріїв БП (КБП). Враховуючи системні особливості функціонування ергатичної системи "екіпаж (пілот) – повітряне судно (ПС)" [4], проблема набуває особливої значущості при виконанні польотів в екстремальних умовах експлуатації (ЕУЕ) [5].

### 2. Аналіз досліджень та публікацій

На жаль, вітчизняні дослідники останнім часом приділяють недостатньо уваги характеристиці АТС за відповідними узагальненими показниками КБП. Залишаючись поки в рамках існуючих на даний момент уявлень, розглянемо, як можна кількісно характеризувати цю небезпеку (або безпеку).

Традиційно, "для оцінки БП і виявлення її залежності від властивостей АТС використовуються статистичні і імовірнісні критерії" (рис. 1) [3].

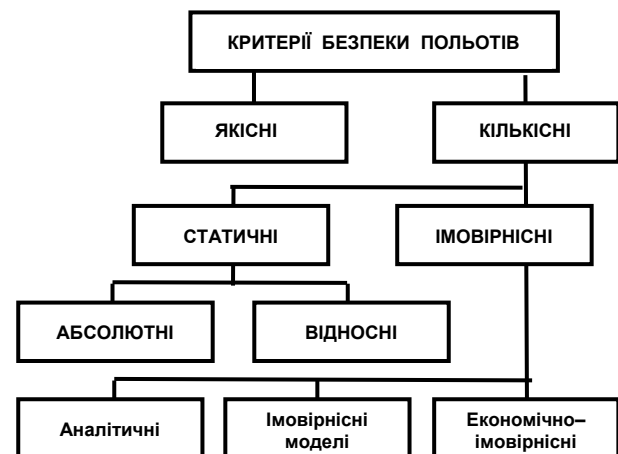


Рис. 1. Традиційна класифікація критеріїв безпеки польотів

Метою *якісної* оцінки БП – є виявлення потенційно небезпечних груп несприятливих факторів для системи "екіпаж – ПС", причин їхнього виникнення і можливих наслідків. При її проведенні визначаються часові показники особливої ситуації (ОС), імовірності виникнення несприятливих факторів, ступінь їхньої потенційної небезпеки для польоту, що є еквівалентом умовної імовірності аварійного/безаварійного наслідку прояву несприятливого фактору (відмовлення авіаційної техніки (АТ), помилки льотного складу

(ЛС) і т.п.). Тому прийнята назва *якісної* оцінки є до- сить умовною. У результаті оцінки не визначається кількісно рівень БП (РБП), а лише висловлюється судження про ступінь потенційної небезпеки різних несприятливих факторів, намічаються заходи щодо підвищення БП з урахуванням наявних ресурсів і за- даної ефективності використання ПС. Якісна оцінка БП повинна застосовуватися при проведенні всіх роз- слідувань авіаційних подій (АП).

Критерії *кількісної* оцінки РБП ґрунтуються на розвитку методів математичної статистики і теорії імовірностей і застосовуються при аналізі стану проблеми БП у кожній країні й ІСАО в цілому. І оскільки АП має всі ознаки випадковості, то для обліку її наслідків або імовірності її прояву застосо- вуються *статистичні* і *імовірнісні* критерії.

*Статистичні* КБП застосовуються для розра- хунку показників БП за всю передісторію існування АТ або за спостережений період її експлуатації. Такі критерії формуються на базі інформації про втрати і корисну роботу цивільної авіації (ЦА). Статистичні критерії підрозділяються на *абсолютні* і *відносні*. Перші враховують абсолютне число втрат  $N$ , а інші, крім того, корисну роботу ЦА  $\Xi$ . Існують два мето- ди побудови *відносних* КБП:

$$k_1 = \frac{N}{\Xi} \cdot M, \quad k_2 = \frac{\Xi}{N}, \quad (1)$$

де  $M = 10^5 \dots 10^8$  – масштабний коефіцієнт КБП.

Основними *імовірнісними* КБП є:  $P$  – імовірність благополучного завершення (результату) та  $Q=1-P$  – ступінь ризику або імовірність неблагополучного результату польоту.

Кількісні методи оцінки БП припускають розроб- ку нових видів статистичних і імовірнісних КБП і комплексування, а також розробку математичних мо- делей, що враховують складні аспекти відносин скла- дових системи "екіпаж – ПС" у польоті при виконан- ні функцій керування ПС і виживання [3,4,7-17].

**Статистичні критерії безпеки польотів** фор- муються на базі даних статистики про АП і корисну роботу парку ПС за визначений календарний період

їхньої експлуатації. При цьому до *загальних абсо- лютних* статистичних КБП віднесені:  $N_{АП}$  – загальна кількість АП за визначений період  $\Delta T$ ; кількість аварій –  $N_{авар.}$ ; поломок –  $N_{пол.}$ ; катастроф –  $N_{кат.}$ ; загальну кількість інцидентів –  $N_{ін.}$ ; число загиблих в АП членів екіпажів (ЧЕ) і пасажирів –  $I_{загибл.}$

До *частинних абсолютних* статистичних КБП можна віднести:  $N_{АП_j}$  – кількість АП, викликаних яким-небудь  $j$ -м фактором; кількість АП на  $i$ -м ета- пі польоту  $N_{АП_i}$  та ін.

У різних установах використовуються різні ста- тистичні критерії. Наприклад, у звітах МАК у якості абсолютних статистичних КБП використовуються:  $N_{АП}$ ,  $N_{кат.}$  і  $I_{загибл.}$  [16, 17].

Абсолютні статистичні КБП відрізняються прос- тотою розуміння і формування. За їхньою допомо- гою можна оцінювати загальні втрати і робити за- гальну оцінку стану БП за визначений період. Однак вони не враховують обсяг роботи ЦА, не повно від- бивають РБП. Тому більш універсальними слід вва- жати *відносні статистичні* КБП, у яких число не- сприятливих подій із ПС співвідноситься з визна- ченим обсягом робіт (нальотом, кількістю перевезе- них пасажирів, вантажів і т.п. При цьому можливі два підходи до формування *відносних статистич- них* КБП. Перший підхід пропонує кількісне спів- відношення втрат, а другий – кількісне співвідно- шення корисної роботи до понесених при цьому втратах (людей, АТ, матеріальних засобів і т.п.).

У якості основних КБП при регулярних повітря- них сполученнях ІСАО рекомендує використовувати:  $K_T$  – число катастроф на 100000 год. нальоту,  $K_N$  – чи- сло катастроф на 100000 польотів,  $K_L$  – число ката- строф на 100 млн. км нальоту, обумовлених виразами:

$$K_T = \frac{N_{кат.}}{T} \cdot 10^6 \quad (2)$$

$$K_N = \frac{N_{кат.}}{N_G} \cdot 10^6 \quad (3)$$

$$K_L = \frac{N_{кат.}}{L} \cdot 10^8 \quad (4)$$

де  $T$  – сумарний наліт в год. парка ПС за період, що аналізується;  $N_G$  – сумарне число польотів парка ПС за період, що аналізується;  $L$  – наліт за період, що аналізується, км.

Разом з тим у країнах ІСАО використовуються критерії, що характеризують відношення кількості загиблих в авіакатастрофах пасажирів до корисного наробітку:  $K_{11}$  – число загиблих пасажирів на 1 млн перевезених;  $K_{12}$  – число загиблих пасажирів на 100 млн. пас./км, обумовлених виразами:

$$K_{11} = \frac{I_{\text{загubl.}}}{I_{\text{пас.}}} \cdot 10^6 \quad (5)$$

$$K_{12} = \frac{I_{\text{загubl.}}}{G} \cdot 10^8 \quad (6)$$

де  $I_{\text{пас.}}$  – число пасажирів, перевезених за аналізований період;  $G$  – обсяг пасажиро-кілометрів за цей же період.

Окремими країнами при статистичній обробці даних по БП використовується індекс утрат, що враховує не тільки кількість загиблих, але і поранених. Наприклад, показник кількість постраждалих пасажирів на 100 млн. пас.-км:

$$K_{\text{постражд.}} = \frac{I_{\text{пас.}} \cdot K_{\text{пас.}} + I_{\text{ТП}} \cdot K_{\text{ТП}} + I_{\text{ЛП}} \cdot K_{\text{ЛП}}}{G} \cdot 10^8 \quad (7)$$

де  $I_{\text{ТР}}$ ,  $I_{\text{ЛР}}$  – відповідно число тяжкопоранених і легкопоранених;  $K_{\text{пас.}}$ ,  $K_{\text{ТП}}$ ,  $K_{\text{ЛП}}$  – коефіцієнти індексу втрат:

$$K_{\text{пас.}}=1; \quad K_{\text{ТП}}=0,6; \quad K_{\text{ЛП}}=0,1. \quad (8)$$

Також РБП може характеризуватися відносними статистичними критеріями виду:  $T_{\text{АП}}$  – середній наліт ПС на одну АП;  $T_{\text{кат.}}$  – середній наліт на одну катастрофу;  $T_{\text{ін.}}$  – середній наліт на один інцидент:

$$T_{\text{АП}} = \frac{T}{N_{\text{АП}}}; \quad T_{\text{кат.}} = \frac{T}{N_{\text{кат.}}}; \quad T_{\text{ін.}} = \frac{T}{N_{\text{ін.}}} \quad (9)$$

МАК використовує в основному:  $K_T$ ,  $K_{12}$ , а також показник, що враховує кількість АП на  $10^5$  год. нальоту (з виділенням регулярних і нерегулярних перевезень):

$$K_T^{\text{АП}} = \frac{N_{\text{АП}}}{T} \cdot 10^6. \quad (10)$$

У праці [6, с.43] зазначено, що "у цілому відносні статистичні критерії дозволяють оцінити РБП, врахувати усі фактори і причини АП. Вони відбивають рівень досконалості авіаційної техніки, організацію забезпечення польотів, рівень професійної підготовки літного й інженерно-технічного складу. З їхньою допомогою представляється можливим виявити загальні тенденції зміни аварійності, робити порівняльну оцінку РБП для різних типів ПС, видів і родів авіації, відомств і держав. Однак статистичні критерії мають і ряд істотних недоліків, що обмежують область їхнього застосування: оцінюють РБП уже після здійснення АП; не дозволяють оцінити кількісно вплив на БП окремих несприятливих факторів; їх не можна використовувати для рішення задач оптимізації БП з урахуванням економічної ефективності і т.п."

**Імовірнісні критерії безпеки польотів.** Унаслідок того, що виникнення в польоті несприятливих факторів є випадковістю, то події, що відповідають благополучному або неблагополучному результату польоту, також є випадковими і добре описуються методами теорії імовірностей. Тому основним критерієм кількісної оцінки РБП можна вважати імовірність благополучного результату польоту  $P$  або імовірність неблагополучного результату польоту  $Q$ .

При розробці імовірнісних критеріїв стосовно до окремого польоту ПС приймаються такі допущення:

- усі несприятливі фактори складають повну групу незалежних неспільних подій;
- події відбивання впливу несприятливих факторів є незалежними.

Причиною більшості АП є вплив на систему "екіпаж – ПС" трьох несприятливих факторів: відмовлень АТ –  $P_{\text{АТ}}(t)$ ; помилкових дій КС –  $P_{\text{КС}}(t)$ ; несприятливих зовнішніх впливів –  $P_{\text{Е}}(t)$ . При цьому політ завершиться благополучно, "якщо жодна з груп факторів або їхніх сполучень не приведе до АП" [6, с.43]. З урахуванням прийнятих допущень, імовірність благополучного результату польоту

$$P = P_{\text{АТ}}(t) \cdot P_{\text{КС}}(t) \cdot P_{\text{Е}}(t). \quad (11)$$

Частинний критерій благополучного результату польоту  $P_T$  визначається імовірністю події, що складає в тім, що техніка не відмовила, а якщо відмовлення відбулися, те екіпаж парирував їхнього нас-лідку

$$P_{AT} = \prod_{j=1}^n (P_{AT_j} + Q_{AT_j} \cdot r_{AT_j}), \quad (12)$$

де  $P_{AT_j}$ ,  $Q_{AT_j}$  – відповідні імовірності благополучного і неблагополучного наслідків у випадку  $j$ -го відмовлення АТ;  $r_{AT_j}$  – умовна імовірність відби-вання в по-льоті  $j$ -го відмовлення АТ;  $n$  – кількість відмовлень.

Аналогічно подаються інші частинні КБП

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{ЛС} = \prod_{j=1}^m (P_{ЛС_j} + Q_{ЛС_j} \cdot r_{ЛС_j}); \\ P_E = \prod_{j=1}^l (P_{E_j} + Q_{E_j} \cdot r_{E_j}), \end{array} \right. \quad (13)$$

де  $P_{ЛС_j}$ ,  $P_{E_j}$  – імовірності благополучного резуль-тату польоту відповідно або у випадку  $j$ -тої помил-кової дії особового складу або  $j$ -го несприятливого зовнішнього впливу;

$Q_{ЛС_j}$ ,  $Q_{E_j}$  – імовірності неблагополучного ре-зультату польоту відповідно у випадку  $j$ -ої по-милкової дії особового складу або  $j$ -го несприят-ливого зовнішнього впливу;

$r_{ЛС_j}$ ,  $r_{E_j}$  – умовні імовірності відбивання в польоті відповідно  $j$ -тої помилкової дії особового складу або  $j$ -го несприятливого зовнішнього впливу;

$m$ ,  $l$  – кількість відповідно помилок особо-вого складу або несприятливих зовнішніх впливів.

Децо інакше вирішується питання про матема-тичну інтерпретацію критерію безпеки виконання множини  $N$  польотів. Відповідно до вимог Норм літної придатності [18] будемо вважати, що всі польоти ПС будуть виконуватися в ОУЕ, ідентичних за РБП [19]:

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = P_2 = \dots = P_i = \dots = P_S = P \\ Q_1 = Q_2 = \dots = Q_i = \dots = Q_S = Q \end{array} \right\}. \quad (14)$$

Оскільки АП є подіями рідкому і незалежними, тобто величина  $Q$  дуже мала, то можна прийняти,

що вони підкоряються розподілові Пуассона. Тоді імовірність того, що в  $N$  польотах відбудеться  $N_{АП}$  АП буде дорівнювати:

$$Q_{N, N_{АП}} = \frac{(N \cdot Q)^{N_{АП}}}{N_{АП}!} \cdot e^{-N \cdot Q}. \quad (15)$$

Нехай в (15), що  $N_{АП} = 0$ , що відповідає вимозі, щоб у польотах не було АП, імовірність безпечного виконання  $N$  польотів буде

$$P_{БП} = Q_{N, 0} = e^{-N \cdot Q} = e^{-N(1-P)} \quad (16)$$

Відповідно до закону розподілу Пуассона у ви-разі (15)

$$N \cdot Q = M[N_{АП}], \quad (17)$$

де  $M[N_{АП}]$  – математичне очікування кількості АП, що відповідає даному значенню  $Q$ .

З іншого боку, справедливо і співвідношення

$$M[T_{АП}] = \frac{T}{M[N_{АП}]}, \quad (18)$$

де  $M[T_{АП}]$  – математичне очікування нальоту ПС на одну АП;

$T$  – загальний наліт.

З (15) витікає такий аналітичний критерій рівня БП:

$$P_{БП} = e^{-N \cdot Q} = e^{-M[N_{АП}]} = e^{-\frac{T}{M[T_{АП}]}}. \quad (19)$$

З огляду на, що в один момент часу імовірність виникнення двох АП надзвичайно мала (за винятком випадків зіткнення двох ПС), і вводячи допущення про стаціонарність АП за час нальоту  $T$  і незалежності появи АП на будь-яких двох неперехресних від-різках часу, скористаємося поняттям найпростішого пуасонівського потоку з інтенсивністю  $\lambda$  потоку АП:

$$\lambda = \frac{1}{M[T_{АП}]} = \frac{M[N_{АП}]}{T}. \quad (20)$$

Уводячи  $\lambda$ , запишемо вираз (15) у виді

$$\begin{aligned} Q_{N, N_{АП}} &= \frac{(\lambda \cdot T)^{N_{АП}}}{N_{АП}!} \cdot e^{-\lambda \cdot T} = \\ &= \frac{(M[N_{АП}])^{N_{АП}}}{N_{АП}!} \cdot e^{-\lambda \cdot T}. \end{aligned} \quad (21)$$

Звідки

$$P_{\text{БП}} = Q_{N,0} = e^{-\lambda \cdot T} = e^{-M[N_{\text{АП}}]} = e^{-\frac{T}{M[T_{\text{АП}}]}} \quad (22)$$

Інтенсивність потоку  $\lambda$  виражає собою рівень ризику за польот тривалістю 1 год. Отже, при нальоті тривалістю  $t$  годин, при тривалості середнього польоту  $t = T / N$ :

$$Q = \lambda \cdot T = \frac{t}{M[T_{\text{АП}}]} = \frac{T}{N \cdot M[T_{\text{АП}}]} \quad (23)$$

Оскільки однією з основних проблем запобігання АП – є задача всебічного кількісного аналізу основних тенденцій розвитку показників БП, то фахівців завжди буде цікавити питання: як змінилися основні показники БП із часу зародження АТ і за останній період. Зусилля мають бути спрямовані на підвищення надійності і поліпшення льотно-технічних характеристик ПС, оволодіння прийомами ефективного їхнього використання, удосконалювання технології виробництва й експлуатації АТ, що має забезпечити неухильний ріст всіх основних статистичних показників РБП [6]. Зміна абсолютних і відносних статистичних КБП на регулярних лініях за 1959-2000 р. за даними FSF (Всесвітній фонд БП) свідчить про те, що за розглянутий період РБП має явно виражену тенденцію до значного підвищення (рис. 2), хоча і перетерплює різкі річні коливання.

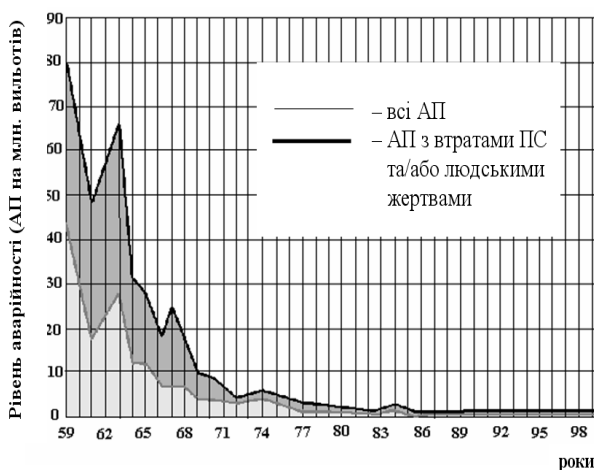


Рис. 2. Рівень аварійності під час міжнародних цивільних перевезень на реактивних повітряних судах

Для порівняльного аналізу стану БП у галузі і/або підприємствах з різними типами ПС, обсягами

виробничої діяльності необхідно комплексно використовувати абсолютні і відносні статистичні КБП. Досліджувавши статистичні дані за визначений період, можна вивчити закономірності зміни РБП, виявити тенденції його зміни по роках експлуатації ПС, дати загальну оцінку діяльності ЦА по забезпеченню БП. Використовуючи статистичні дані для кожного з показників можна побудувати апроксимуючі залежності, що дозволять вивчити зміни показників у часі. Розроблений ІСАО посібник із запобігання АП рекомендує як основний напрямок профілактичної діяльності вчасно виявляти небезпечні відхилення в АТС, розробляти і впроваджувати профілактичні заходи щодо усунення або обмеження їхнього впливу [20].

Враховуючи наведене, ми взяли собі за мету аналітичного розв'язання питання подальшого моніторингу та управління ризиками в АТС, орієнтуючись, у тому числі, і на показники РБП.

### 3. Рекомендовані ІСАО пропозиції щодо моніторингу та керування БП

Спираючись на [21] визначимо, що безпека – є стан, в якому ризик заподіяння шкоди людям чи нанесення збитку майну знижений до прийняттого рівня і підтримується на ньому або більш низькому рівні за допомогою безперервного процесу виявлення джерел небезпеки і контролю факторів ризику. При цьому під системою управління БП будемо розуміти впорядкований підхід до забезпечення БП, що включає необхідні організаційні структури, сферу відповідальності, політику і процедури. Така система повинна забезпечувати:

- вияв фактичних і потенційних загроз безпеці;
- гарантію прийняття заходів корегування, потрібних для зменшення факторів ризику / небезпеки і
- безперервний моніторинг і регулярну оцінку досягнутого РБП.

Моніторинг безпеки АТС вимагає ретельного дослідження вищенаведених КБП на предмет їх відповідності відповідним нормам:

– 0,5 подій з людськими жертвами на 100000 год. польотного часу для експлуатантів авіакомпаній (*показник безпеки*) зі зниженням цього коефіцієнту на 40% протягом 5 років (*заданий рівень безпеки*);

– 50 інцидентів на ПС на 100000 год польотного часу (*показник безпеки*) зі зниженням цього коефіцієнту на 25% протягом 3 років (*заданий рівень безпеки*);

– 200 інцидентів, пов'язаних з крупними дефектами ПС на 100 000 год польотного часу (*показник безпеки*) зі зниженням цього коефіцієнту в середньому на 25% за останні 3 роки (*заданий рівень безпеки*);

– 1,0 зіткнень з птахами на 1000 операцій ПС (*показник безпеки*) зі зниженням цього коефіцієнту на 50% протягом 5 років (*заданий рівень безпеки*);

– не більш одного випадку несанкціонованого вильоту на злітно-посадочну смугу на 40000 операцій ПС (*показник безпеки*) зі зниженням цього показника на 40% протягом 12 місяців (*заданий рівень безпеки*);

– 40 інцидентів повітряних суден в повітряно-му просторі 100000 год польотного часу (*показник безпеки*) зі зниженням цього коефіцієнту в середньому на 30% за 5 років польотів (*заданий рівень безпеки*).

Під час оцінки конкретного рівня ризику (небезпеки) потрібно завжди враховувати як імовірність ОС, так і ступінь серйозності потенційних наслідків. Уявлення про ступінь ризику можна отримати, якщо орієнтуватись на такі три широкі категорії:

а) ризику настільки високого рівня, що вони є неприйнятними;

б) ризику настільки низького рівня, що вони є прийнятними;

в) рівні ризику, що знаходяться між категоріями а) і б), коли необхідно розглянути різноманітні компроміси між ступенем ризику і вигодою.

Враховуючи велику кількість і потенційні взаємозв'язки факторів, що можуть вплинути на БП, необхідно створити ефективну систему управління БП (СУБП). На рис. 3 поданий зразок потрібного типу системного процесу.

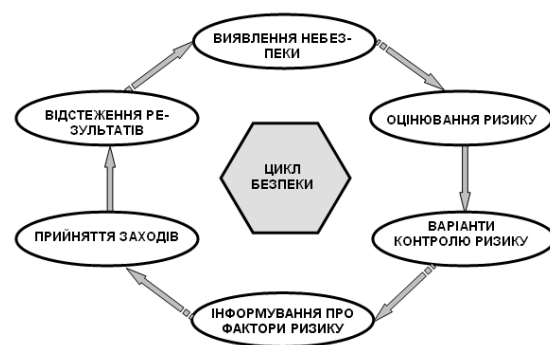


Рис. 3. Цикл безпеки

Вияв джерела небезпеки є важливішим першим кроком функціонування СУБП. Для цього потрібні певні свідчення-підтвердження небезпечного фактору, котрі можуть бути отримані кількома шляхами з різних джерел:

- системи подання даних про небезпечні фактори і інциденти;
- розслідування повідомлених небезпечних факторів і наступні дії;
- аналіз тенденцій;
- зворотній зв'язок від системи підготовки;
- моніторинг польотів в нормальних умовах;
- аналіз даних засобів об'єктивного контролю (ЗОК);
- огляд стану БП і перевірки організації контролю за її забезпеченням;
- розслідування авіаційних подій і серйозних інцидентів;
- системи обміну інформацією.

Необхідно оцінити кожне виявлене джерело небезпеки і надати йому певний ступінь пріоритетності. така оцінка потребує узагальнення і аналізу всіх даних, щоби з'ясувати, чи є небезпечний фактор "ізольованим" або системним. Після підтвердження наявності недоліку в СУБП визначаються найбільш оптимальні заходи для запобігання або усунення цієї небезпеки або зменшення відповідного ризику. Зрозуміло, що при цьому не може бути вироблений "єдиний рецепт" як панацея розв'язання всіх можливих ситуацій. Необхідно також вжити заходи, щоби рішення не сприяло появі нових джерел небезпеки.

Після реалізації відповідних заходів необхідно провести моніторинг результатів, щоб переконатися:

- небезпечний фактор ліквідований, або у крайньому разі відповідний ризик зменшений по показниках імовірності події чи за ступенем серйозності наслідків;
- здійснені дії дозволяють задовільно контролювати цей небезпечний фактор;
- в систему не було внесено нових джерел небезпеки.

Якщо отримані незадовільні результати, цикл, поданий на рис. 3, має бути повтореним.

Накопичений ICAO досвід розслідування авіаційних подій (АП) підкреслює важливість системного, проактивного і чіткого підходу до питань управління БП.

**Системний підхід:** заходи по управлінню БП будуть здійснюватися по задалегідь розробленому плану і послідовно використовуватися в усій АТС чи окремій авіакомпанії.

**Проактивний підхід:** в забезпеченні БП основний акцент робиться на профілактику шляхом виявлення небезпечних факторів і прийняття заходів по зменшенню ризику раніш, ніж відбудеться яка-небудь небезпечна подія, яка несприятливо вплине на БП [22].

**Чіткий підхід:** всі заходи по управлінню БП мають бути документовані, наочні і здійснюватися окремо від інших видів управлінської діяльності.

В концептуальному розумінні процес управління БП можна порівняти з циклом безпеки, поданим на рис. 3. Вони мають уявлятися як безперервний процес, що відбувається по замкнутому контуру (рис. 4).



Рис. 4. Процес управління безпекою польотів

Розглянемо відповідні етапи управління БП, подані на рис. 4.

**Збір даних.** Першим кроком є збір фактичного матеріалу для визначення показників безпеки або виявлення схованих небезпечних умов (небезпечних факторів). Тут досліджується: обладнання, що використовується, обслуговуючий персонал, робочі процедури, взаємодія "людина – обладнання – процедура" та інші стикання / нестикання моделі SHEL, рекомендованої ICAO для виявлення небезпек [23].

**Аналіз даних.** Шляхом аналізу всієї інформації, що стосується проблеми, виявляються небезпечні фактори. Можна також визначити умови, за яких вказані фактори становлять реальну загрозу, їх потенційні наслідки і імовірність настання події. Тут слід відповісти на питання: "Що може відбутися?", "Як?" і "Коли?". Аналіз може мати як кількісний, так і якісний характер.

**Пріоритизація небезпечних умов.** Оцінюючи ризик, визначається ступінь серйозності факторів небезпеки. Ти з них, які мають найбільший ризик, розглядаються для прийняття заходів по збільшенню рівня безпеки. Для цього може бути застосований аналіз витрат та вигод.

**Розробка стратегій.** Починаючи з факторів ризику, що мають найвищий пріоритет, розглядається декілька варіантів контролю цих факторів. А саме:

- розподіл ризику серед максимально можливого кола осіб, що беруть на себе ризик (основний принцип страхування);
- ліквідація ризику, можлива шляхом припинення виконання певних операцій або певної практики;
- прийняття даного фактору ризику і продовження експлуатаційної діяльності без змін;
- зменшення ризику шляхом прийняття заходів, що дозволяють знизити його рівень або полегшити контроль. При цьому при виборі стратегії контролю ризику слід проявляти обережність, щоби запобігти привнесенню нових факторів ризику, внаслідок чого рівень небезпеки стане неприйнятним.

**Розподіл обов'язків і реалізація стратегій.** Розробляються "практичні" аспекти реалізації плану дій, що включають питання: розподіл обов'язків, складання графіків, перегляд експлуатаційних правил і т. ін.

**Повторна оцінка ситуації.** Реалізація плану дій рідко буває такою ж успішною, як планується. Для отримання замкнутого контуру потрібний зворотній зв'язок. З'ясовується: *Які нові проблеми можуть бути привнесені? Якою мірою узгоджена стратегія зменшення ризику відповідає очікуваним результатам? Які зміни в системі або процесі будуть потрібні?*

**Збір додаткових даних.** В залежності від результатів повторної оцінки ситуації може виникнути потреба в додатковій інформації і повторі повного циклу, щоби досягти більш високої ефективності прийнятих заходів безпеки.

### Висновки

1. Спираючись на вимоги ICAO та МАК розглянуті базові (якісні і кількісні) КБП, наповнені конкретним змістом показників безпеки і заданого рівня БП.

2. На підставі даних FSF за 40-річний період встановлено, що РБП має явно виражену тенденцію до значного підвищення, хоча і перетерплює різкі річні коливання.

3. Рівні БП, що встановлюються за даними моніторингу конкретної АТС чи авіакомпанії є динамічними. Вимагається зменшення відповідних КБП в терміни від 12 місяців до 5 років.

4. Розглянуті базові підходи до створення СУБП, які передбачають, у тому числі, циклічність реалізації відповідних заходів при наявності замкнутого контуру зі зворотнім зв'язком.

5. Виходячи з отриманих та поданих у цій статті аналітичних матеріалів, вважаємо необхідним проводити подальші дослідження безпеки АТС в напрямках:

– формалізації та опису ризику;

– визначення дефекту ризику;

– наповнення конкретним змістом "трикутника ризику" ICAO;

– розробці процедур виявлення факторів небезпеки.

### Література

1. Руководство по предотвращению авиационных происшествий (Doc. 9422-AN/923). – Издание первое - Канада, Монреаль, ICAO, 1984. – 138 с.

2. Пономаренко В.А. Человеческий фактор и безопасность полетов // Проблемы безопасности полетов: Обзорн. инф. – М.: ВИНТИ, 1993. – Вып. 1. – С.36-42.

3. Рева О.М., Бекмухамбетов А.А., Селезньов Г.М. Вплив на безпеку польотів особливостей взаємодії елементів ергатичної системи "екіпаж (пілот) – повітряне судно – орган управління повітряним рухом" // Наукові праці академії. – Кіровоград: ДЛІАУ, 2002. – Вип. VI., ч. I. – С.147-155.

4. Медведенко О.М. Системні особливості функціонування ергатичної системи керування "екіпаж – повітряне судно" // Наука та технології: крок в майбутнє – 2007": М-ли II Міжн. НПК – Дніпропетровськ, 1-15 березня 2007 р. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2007. – Т. 4. – С. 30-33.

5. Медведенко О.М. Визначення характеру очікуваних, реальних та екстремальних умов експлуатації авіаційної техніки // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – Вип. 18. – С.293-298

6. Безопасность полётов / Р.В. Сакач, Б.В. Зубков, М.Ф. Давиденко и др.; Под ред. Р.В.Сакача. – М.: Транспорт, 1989. – 239 с.

7. Прокофьев А.И. Надежность и безопасность полетов. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.

8. Жулев В.И., Иванов В.С.Безопасность полетов летательных аппаратов (Теория и анализ). – М.: Транспорт, 1986. – 224 с.



9. Черкесов Г.Н. Опыт построения согласованно-иерархического комплекса показателей безопасности сложных систем // Надёжность, живучесть и безопасность автоматизированных комплексов. – М.: ИПУ АН СССР, 1991. – С. 5-8.
10. Сухих Н.Н. Предупреждение ошибок, обусловленных человеческим фактором, при эксплуатации воздушного транспорта с использованием информационно-управляющих систем / Автореф. дисс... докт. техн. наук по специальности 05.22.14 "Эксплуатация воздушного транспорта". - СПб.: АГА, 1992.
11. Хорошавцев Ю.Е. Повышение эффективности профессиональной подготовки пилотов с позиций теории информации / Автореф. дисс... докт. техн. наук по специальности 05.22.14 "Эксплуатация воздушного транспорта". - СПб.: Академия ГА, 1993.
12. Пантелей В.Г. Теоретические модели и человеко-машинные процедуры для поддержки принятия решения о готовности экипажей к полетам по текущему состоянию: Автореф. дисс... докт. техн. наук. - СПб.: Академия ГА, 1995.
13. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / М.А. Шахроманьян, В.И. Ларионов, Г.М. Нигметов, О.В. Бодриков О.В. и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – № 12. – С. 8-14.
14. Куклев Е.А. Оценивание уровня безопасности полётов в гражданской авиации в рискованных ситуациях на основе цепей случайных событий // Наука и техника транспорта. – 2003. – № 2. – С. 4-14.
15. Человеческий фактор в авиации: Монография в 2-х кн. / С.Д. Лейченко, А.В. Малышевский, М.Ф. Михайлик. – Кн. 1. – СПб. – Кировоград, 2006. – 480 с.; Кн. 2. – СПб – Кировоград, 2006. – 512 с.
16. Теймуразов Р.А. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников "Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства" за десятилетний период (1992-2001 гг.). // Тр. Об-ва независимых исследователей авиационных происшествий (вып. 14). – М.: ОРАП, 2002. – С. 13-38.
17. Мулкиджанов И.К. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников "Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства" в 2002 году. (Доклад Межгосударственного авиационного комитета) // Тр. Об-ва независимых исследователей авиационных происшествий (вып. 15). – М.: ОРАП, 2003. – С. 8-18.
18. Единые нормы летной годности гражданских транспортных самолетов стран-членов СЭВ (ЕНЛГ-С). – М.: Межведомственная комиссия по нормам летной годности гражданских самолетов и вертолетов СССР, 1985. – 470 с.
19. Елтчи А.Л. Применение человеческого фактора в процессе подготовки летных экипажей: следующее поколение программ подготовки по курсу «Оптимизация ресурсов управления в кабине экипажа (CRM)» // Тез. док. семин. ИКАО «Человеческий фактор». – Л.: АГА, 1990. - С. 18.
20. Руководство по предотвращению авиационных происшествий (Doc. 9422-AN/923). – Канада, Монреаль, ICAO, 1984. – 138 с.
21. Safety Management Manual (SMM): DOC ICAO 9859 – AN/460. – Montreal, Canada, 2006.
22. Основные принципы учета человеческого фактора в системах организации воздушного движения (АТМ). – Doc. ICAO 9758-AN / 966.- Монреаль, Канада, 2000
23. Фундаментальные концепции человеческого фактора // Человеческий фактор: Сб. м-лов №1. – Циркуляр ИКАО 216 AN / 131. – Монреаль, Канада, 1989. – 34 с.

*Поступила в редакцию 22.04.2008*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Жуковского «ХАИ», Харьков.