

УДК 629.7.07

Ю.В. Чинченко, к.т.н., доц.

ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ У СИСТЕМІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

Проаналізовано методи контролю джерел загроз і ризиків у системі організації повітряного руху. Розглянуто принципи оцінювання ризику зіткнень повітряних кораблів на паралельних маршрутах під час диспетчерського керування повітряним рухом.

Methods of control of hazards and risks sources in Air Traffic Management system are analysed. Principles of estimation of mid-air collision of aircraft on parallel airways at air traffic control are considered.

Постановка проблеми

Відповідно до міжнародних стандартів будь-які нові системи, процедури чи нові види обслуговування, які впливають на обслуговування повітряного руху (ОПР), мають бути об'єктом оцінювання безпеки, включаючи оцінювання ризику та процеси, спрямовані на його зменшення.

Під час проведення аналізу безпеки результати такого оцінювання документуються відповідно до стандартної форми, яка містить дані щодо оброблення наявної вхідної інформації в системі ОПР, оцінку відповідності встановленим вимогам з безпеки та ін.

Безпека в системі ОПР оцінюється на двох етапах:

- провайдера аеронавігаційних послуг (Украеро-рух);
- Державної авіаційної адміністрації України.

Перший етап оцінювання безпеки забезпечується провайдером аеронавігаційних послуг на стадії планування відповідних змін у системі ОПР чи оцінювання подій з безпеки, що відбувалися в системі ОПР.

Другий етап оцінювання безпеки реалізується на стадії прийняття відповідних рішень Державною авіаційною адміністрацією України. Цей етап починається на стадії отримання від провайдера аеронавігаційних послуг результатів оцінювання безпеки стосовно відповідних змін у системі організації повітряного руху чи подій з безпеки.

Загальні принципи оцінювання безпеки

Зважаючи на можливі різновиди змін у системі ОПР, виділяють основні типові напрями, коли оцінювання з безпеки (включаючи оцінювання ризику та процедури його зменшення) необхідне:

- упровадження нових систем або зміни в системах керування повітряним рухом, зв'язку, спостереження або інших важливих системах та обладнанні;
- зміни розмірів злітно-посадкових смуг та/або руліжних доріжок на аеродромах;

- зміни в схемах руління та руху на перонах на маневреній площі аеродрому;

- уведення в експлуатацію нових типів повітряних кораблів;

- розроблення чи модифікація аеродромних процедур, включаючи розміщення нових будівель на приаеродромній території, зміни в процедурах пожежного забезпечення, пошуку та рятування;

- зміна або початок підготовки, перепідготовки персоналу з організації повітряного руху, включаючи технічний персонал;

- зміна мінімумів ешелонування, які підлягатимуть застосуванню в повітряному просторі;

- нові операційні процедури, види обслуговування, включаючи процедури вильоту та прибуття, які будуть застосовуватись у повітряному просторі або аеродромах;

- реорганізація структури маршрутів ОПР;

- зміна елементів повітряного простору (розділ на сектори, введення нових заборонених зон, зон обмеження польотів, небезпечних, тренувальних зон тощо);

- упровадження нових систем керування безпекою польотів в авіакомпаніях та провайдером аеронавігаційних послуг.

Основні етапи оцінювання безпеки в системі організації повітряного руху

Першим кроком в оцінюванні безпеки в системі ОПР має бути підготовка опису системи, а також середовища, в якому будуть функціонувати нова система чи нові елементи.

Опис системи ОПР повинен включати всі відомі фактори, що можуть мати негативний вплив на її функціонування. При цьому увага звертається на аналіз:

- характеристик повітряного руху;

- аеродромної інфраструктури;

- зон обслуговування руху повітряних кораблів;

- періодів роботи (день або ніч);

- метеорологічних факторів навколишнього середовища.

Характеристики системи ОНР, що підлягають детальному опису, такі:

- поточні можливості у сфері зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху;
- функціональність, характеристики, обмеження; опис наявного обладнання, опис поточного рівня кваліфікації авіадиспетчерів, ОНР, опис поточних процедур, характеристик конфігурації повітряного простору (мінімумів ешелонування, конфігурації маршрутів, секторів);
- характеристики повітряного руху: поточна або прогнозована інтенсивність повітряного руху в секторах та на маршрутах ОНР;
- характеристики обладнання та льотно-технічні характеристики повітряних кораблів, що виконують польоти в оновленому середовищі системи ОНР;
- характеристики суміжних центрів ОНР та обмеження суміжних органів ОНР;
- аеропортова інфраструктура: характеристики злітно-посадкової смуги, наявність відповідних видів обслуговування тощо;
- метеорологічні умови: особливості погодних умов, що мають відношення до умов функціонування системи організації повітряного руху (періоди низької видимості, характеристики періодів гроз тощо);
- ландшафт місцевості: критичні перешкоди в районі аеродрому, характеристики поверхні тощо;
- обмеження щодо навколишнього середовища: обмеження за шумом, наявність густонаселених районів в зоні обслуговування повітряних кораблів. Для багатьох проектів також важливо визначити опис системи з точки зору встановлення стратегії переходу від старих компонентів системи ОНР до нових.

Оцінювання важливості та серйозності результатів ідентифікації небезпеки

Під час оцінювання важливості та серйозності результатів ідентифікації небезпеки слід зазначати основну мету проведення оцінювання та конкретні цілі з урахуванням того, що всі зміни в системі чи її конкретних елементах мають бути проаналізовані.

Основні напрями процедури оцінювання безпеки:

- ідентифікація потенційних відмов, а саме, факторів які могли б сприяти некоректному функціонуванню системи ОНР чи призводити до цього;
- ідентифікація потенційної небезпеки, а саме, наслідків некоректного функціонування системи ОНР;
- оцінювання серйозності небезпеки, а саме, серйозності наслідків некоректного функціонування системи ОНР;

– визначення якісних і кількісних факторів, що визначають максимальну частоту чи ймовірність, за яких небезпека може бути очікуваною;

– визначення прийнятності ризику, пов'язаного з впроваджуваною системою чи змінами до неї.

Основною діяльністю на цьому етапі має бути проведення оцінювання серйозності кожного результату ідентифікації небезпеки та фіксація отриманих результатів у стандартній формі.

Кінцевим результатом оцінювання серйозності небезпеки має бути визначення її класу серйозності, наприклад, від 1 до 5, або за градацією:

- катастрофічна;
- небезпечна;
- значна;
- менш значна;
- незначна.

Віднесення небезпеки до відповідного класу серйозності дасть можливість виконати оцінювання ризику після визначення ймовірності виникнення події та небезпечних факторів.

Процедури віднесення небезпек до певних класів серйозності повинні виконуватись з урахуванням критеріїв, які наведені в таблиці як приклад, для аеродромного диспетчерського обслуговування.

Оцінювання ймовірності виникнення події та результатів ідентифікації небезпеки

Оцінювання ймовірності виникнення події та результатів ідентифікації небезпеки виконується з фіксацією отриманих результатів у відповідній формі.

Ймовірність виникнення події та результатів ідентифікації небезпеки оцінюється через структуровані дискусії та аналізи з застосуванням стандартних класифікаційних схем оцінювання як керівного матеріалу.

З метою розширення критеріїв оцінювання ймовірності за класифікаційною схемою можуть застосовуватись додаткові показники:

- вкрай неімовірних подій: подія ніколи не трапиться;
- можливо ймовірних подій: подія може трапитись від одного разу на 1000 років до одного разу на 100 000 років;
- імовірних подій: подія може трапитись від одного разу на 10 років до одного разу на 1000 років;
- найбільш імовірних подій: подія може трапитись від одного разу на 40 днів до одного разу на 10 років;
- повторюваних подій: подія може трапитись від одного разу на годину до одного разу на 40 днів.

Віднесення небезпек до класів серйозності

Критерії	Характерні ознаки
Катастрофа	Втрата або серйозні пошкодження основного аеродромного обладнання. Важкі травми та летальні випадки щодо персоналу обслуговування або інших людей
Серйозний інцидент	Ледве не трапилась катастрофа на аеродромі. Бар'єрів, які могли б попередити розвиток ситуації, немає. Ситуація безконтрольна і з великою ймовірністю може призвести до катастрофи. Пошкодження основного аеродромного обладнання, серйозні травмування персоналу обслуговування та інших людей
Великий інцидент	Велике зниження рівня безпеки. Ситуація контролюється, але із застосуванням аварійних і нестандартних процедур та обладнання. Незначні травми пасажирів або персоналу з обслуговування на аеродромі. Повітряний корабель або аеродромне обладнання можуть мати значні пошкодження
Важливий інцидент	Значне зниження рівня безпеки, але наявні бар'єри, які не дають ситуації розвиватись далі. Зменшені можливості екіпажу або диспетчера протистояти збільшенню робочого навантаження, як результат – наявність впливу на ефективність виконання посадових обов'язків
Відсутність прямого ефекту	Немає прямого впливу на безпеку польотів. Підтверджується ефективність застосування заходів, спрямованих на попередження виникнення інцидентів та катастроф

Класифікаційна схема визначає ймовірність виникнення небезпеки за наведеними якісними категоріями, а також містить числові ймовірнісні величини для кожної категорії. Під час визначення ймовірності можуть також застосовуватись і якісні показники, які зазначені в класифікаційній схемі.

На ранніх стадіях проекту впровадження нововведень у системі ОПР не завжди можна мати достатній обсяг інформації, потрібної для розрахунків чи оцінювань. Однак застосування структурованих групових дискусій експертів з великим досвідом щодо функціонування середовища, в якому впроваджуються зміни, можуть надати достатній обсяг інформації для прогнозування ймовірності виникнення небезпеки.

На пізніх стадіях проекту впровадження нововведень у системі ОПР наявний більший обсяг інформації, який може бути застосований для відповідного коригування наперед визначеної ймовірності виникнення небезпеки. До такої інформації можна долучати дані, отримані в результаті проведення відповідних моделювань на тренажерних комплексах.

Остаточне оцінювання ймовірності виникнення події та результатів ідентифікації небезпеки визначається за допомогою класифікаційної схеми через порівняння факторів кількісного та якісного виявлення події з класифікацією ймовірності події.

Оцінювання ризику зіткнень

повітряних кораблів на паралельних маршрутах

Одним з найважливіших завдань, які вирішуються органами диспетчерського керування повітряним рухом, є запобігання зіткненням повітряних кораблів. Їх небезпечне зближення та зіткнення може виникнути в результаті несправності бортових систем навігації, бортових систем керування, конструкції повітряних кораблів, їх силових установок, ускладнення метеорологічних умов тощо [1-3].

Розглянемо аналітично-статистичну модель руху повітряних кораблів на двох паралельних маршрутах для оцінювання ризику їх небезпечних зближень та зіткнень [1;3;4]. На відміну від існуючої моделі Райха, будемо розглядати можливість втручання в рух цих двох повітряних кораблів органу диспетчерського керування повітряним рухом, зважаючи на те, що їх політ здійснюється в умовах нормальної атмосфери, коли немає бокового вітрового впливу.

Для визначення ризику зіткнень повітряних кораблів використаємо модель Райха [5-7]:

$$N_{ay} = 10^7 P_x P_y P_z \left(\frac{|\bar{X}|}{2\lambda_x} + \frac{|\bar{Y}|}{2\lambda_y} + \frac{|\bar{Z}|}{2\lambda_z} \right). \quad (1)$$

У виразі (1) позначимо:

$$P_{xz} = P_x P_z = \frac{2\lambda_x}{V} N P_z(0).$$

Значення P_y мають бути замінені. На практиці можливі такі чотири варіанти організації повітряного руху [1;3].

1. У процесі диспетчерського керування повітряним рухом авіадиспетчер за потреби корегує траєкторію польоту кожного повітряного корабля після прольоту ним відстані X_0 . У цьому випадку отримуємо такий вираз [1]:

$$P_y = 2\lambda_y \int_0^{x_0} dx \int_{-\infty}^{+\infty} q_1(Y, X) q_2(S_y - Y, X) dy. \quad (2)$$

2. Авіадиспетчер не корегує траєкторій польотів повітряного корабля. Тоді ризик зіткнення повітряних кораблів визначається у відповідності з формулою (1):

$$N_{ay} = 10^7 (N_x P_y P_z + N_y P_x P_z + N_z P_x P_y), \quad (3)$$

$$L = kX_0, k \geq 1.$$

3. Авіадиспетчер безперервно в разі потреби корегує траєкторії польоту повітряного корабля, але ця процедура вдається йому тільки з деякою ймовірністю $\alpha_1 < 1$. Це може бути з причин його перевантаженості, помилок у роботі.

Порушення радіозв'язку з причин перевантаженості цього каналу може призвести до того, що з ймовірністю α_2 екіпаж не отримує інформацію авіадиспетчера про необхідність корегування траєкторії польоту. Невиконання вказівок авіадиспетчера може виникнути з декількох причин з ймовірністю α_3 . У такому разі у формулі (1) слід використовувати вираз [1]:

$$P_y = \left[2\lambda_y \int_0^{m_x} dx \int_{-\infty}^{+\infty} q_1(Y, X) q_2(S_y - Y, X) dy \right] \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3, \quad (4)$$

де m_x – математичне сподівання відстані, яку пролетить повітряний корабель до моменту його відхилення від траєкторії польоту та необхідності здійснення корекції траєкторії.

4. Якщо у виразі наявні $\alpha_1, \alpha_1, \alpha_1$, отримуємо $P_y = 0$, що відповідає випадку, коли авіадиспетчеру за потреби щоразу вдається корегувати траєкторію польоту повітряного корабля [1].

Висновки

Під час отримання виразу (3) передбачалось, що з часом польоту повітряних кораблів не змінюються закони розподілення їх відхилень від заданих маршрутів, а також не змінюються параметри цих законів.

Вирази (2), (4) також придатні для визначення ризику небезпечного зближення двох повітряних кораблів. Для цього слід замінити значення $\lambda_r(r=x, y \text{ або } z)$ на значення мінімумів ешелонування $S_r(r=x, y \text{ або } z)$.

Література

1. *Ефективність* використання повітряного простору України авіаційним транспортом / І.С. Биковцев, В.С. Дем'янчук, В.О. Клименко та ін. – К.: ДП ОПР України, 2008. – 368 с.
2. *Захист* інформації в системі організації повітряного руху / І.С. Биковцев, В.С. Дем'янчук, В.О. Клименко та ін. – К.: ДП ОПР України, 2008. – 236 с.
3. *Дем'янчук В.С., Фисенко В.М.* Эксплуатационные методы повышения эффективности АС УВД. – М.: Транспорт, 1988. – 184 с.
4. *Методология* Евроконтроля обобщенной оценки показателей эффективности европейской системы организации воздушного движения / Д.Г. Бабейчук, И.С. Биковцев, В.С. Дем'янчук и др. – К.: RADA, Украерорух, 2005. – 184 с.
5. *DOC 9422.* Руководство по предотвращению авиационных происшествий. – Монреаль: ICAO, 1998. – 270 с.
6. *DOC 9426.* Руководство по планированию обслуживания воздушного движения. – Монреаль: ICAO, 1984. – 272 с.
7. *DOC 9689.* Руководство по методике планирования воздушного пространства для определения минимумов эшелонирования. – Монреаль: ICAO, 1998. – 240 с.

Стаття надійшла до редакції 17.10.08.