

## АЕРОКОСМІЧНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ

УДК 656.7.052(045)

**В.П. Харченко**, д.т.н., проф.  
**І.М. Буцик**, к.пед.н.  
**О.М. Алексєєв**, асп.

### МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ ПРАВИЛЬНОГО РІШЕННЯ ДИСПЕТЧЕРОМ ПІД ЧАС ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

*Розглянуто основні методи в системі «диспетчер – інформаційне середовище – екіпаж повітряного корабля», які визначають прийняття рішення диспетчером з керування повітряним рухом.*

*In the article certain and the considered basic methods in the system "air traffic controller – environment – crew", which determine the decision-making by air traffic control.*

**аналіз, безпека польотів, обслуговування повітряного руху, прийняття рішення, ризик**

#### Постановка проблеми

Обслуговування повітряного руху відбувається під впливом факторів невизначеності і спричиненого ними ризику, характеризується швидкоплинністю процесів, динамічністю повітряної ситуації, великим обсягом інформації та високим рівнем психоемоційного напруження на диспетчера.

За умови наявності у диспетчера точної і повної інформації підвищується можливість прийняття правильного рішення, а його наслідки зменшують ризик.

Наявність у диспетчера неточної, суперечливої або неповної інформації про умови виконання польотів, недостатній рівень його професійної підготовки, психофізіологічний стан у свою чергу підвищують ризик прийняття помилкового рішення та, як наслідок, виникнення неочікуваних, нестандартних ситуацій, які створюють загрозу безпечному виконанню польоту.

Отже, постає актуальне науково-практичне завдання розроблення дієвих методів прийняття рішень під час обслуговування повітряного руху.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Значну увагу в наукових працях провідних учених у галузі авіації [1; 2–5] приділено локальним діям з прогнозування, ідентифікації та керування факторами ризику, а також висвітленню основних методологічних питань щодо створення і застосування математичних моделей управління рівнем безпеки польотів, проте недостатньо матеріалів, які містили б методологічні основи прийняття рішень на всіх етапах професійної діяльності авіаційних диспетчерів.

#### Аналіз методів прийняття управлінських рішень

Ефективність вибору того або іншого рішення визначається деяким критерієм  $F$ , що припускає кількісне уявлення. Фактори, від яких залежить ефективність вибору прийняття рішення, можна розбити на такі групи:

- 1) контрольовані – визначаються особами, що приймають рішення,  $X_1, X_2, \dots, X_i$ ;
  - неконтрольовані – вибір і дії осіб не впливають на прийняття рішень;
  - детерміновані – не випадкові фіксовані величини, значення яких відомі,  $A_1, A_2, \dots, A_p$ ;
  - стохастичні – випадкові величини і процеси з відомими законами розподілу  $Y_1, Y_2, \dots, Y_q$ ;
  - невизначені, для яких відома область, на яку поширюється закон розподілу, їх значення невідомі в момент прийняття рішення  $Z_1, Z_2, \dots, Z_r$ .
- Відповідно до виокремлених факторів критерій оптимальності можна подати у вигляді

$$F = F(X_1, X_2, \dots, X_i, A_1, A_2, \dots, A_p, Y_1, Y_2, \dots, Y_q, Z_1, Z_2, \dots, Z_r, t).$$

Значення контрольованих факторів зазвичай обмежені рядом природних причин, наприклад ресурсами. Математично ці обмеження можна подати у такому вигляді:

$$g_i = g_i(X_1, X_2, \dots, X_i, A_1, A_2, \dots, A_p, Y_1, Y_2, \dots, Y_q, Z_1, Z_2, \dots, Z_r, t) / (\leq \text{or} \geq) b_i, \quad (1)$$

$$i = \overline{1, m}.$$

Умови (1) визначають області  $\Omega_{x_1}, \Omega_{x_2}, \dots,$

$\Omega_{x_i}$  простору, всередині яких розміщені можливі значення факторів  $X_1, X_2, \dots, X_i$ .

Аналогічно можуть бути обмежені й області можливих значень неконтрольованих факторів.

Прийняття рішень диспетчером та їх результативність є складним та відповідальним процесом інформаційного обміну між диспетчером та екіпажами повітряних кораблів.

У процесі обслуговування повітряного руху диспетчер для отримання необхідної інформації взаємодіє з різноманітними джерелами інформації, і його головне завдання полягає в її своєчасному аналізі, прийнятті правильних рішень та передачі їх засобами повітряного електрозв'язку екіпажам повітряних кораблів у вигляді вказівок, дозволів та інформації. Від їх правильності й обґрунтованості, відповідності тим умовам, обставинам, та ситуації, що складають у визначеному повітряному просторі в певний момент часу, залежить безпечно виконання польоту [5,6].

Результат прийнятого рішення залежить від вибраного рішення (стратегії керування) і деяких невідповідних фіксованих факторів, повністю відомих особі, що приймає рішення [7].

Стратегії керування можна подати у вигляді  $n$ -вимірної вектора

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n),$$

на компоненти якого накладено обмеження, зумовлені рядом природних причин:

$$g_i = g_i(A_i, X) \{ \leq, =, \geq \} b_i; \quad i = \overline{1, m}; \quad m \{ <, =, > \} n, \quad (2)$$

де

$A_i$  – деякий вектор-рядок фіксованих невідповідних параметрів.

Умови (2) визначають область  $\Omega_X$  допустимих значень стратегій  $X$ .

Ефективність прийняття управлінських рішень характеризується деяким числовим критерієм оптимальності  $F$ :

$$F = F(X, C),$$

де

$C$  – вектор-рядок фіксованих, невідповідних параметрів.

Масиви  $A$  і  $C$  характеризують властивості об'єктів, що беруть участь у керуванні, і умови, в яких виконується керування.

Перед особою, що приймає рішення, стоїть завдання вибору такого значення

$$\overline{X} = (\overline{x}_1, \overline{x}_2, \dots, \overline{x}_n)$$

вектора керування

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

з області  $\Omega_X$  його допустимих значень, яке максимізує значення критерію оптимальності  $F$ , а також значення  $\overline{F}$  цього максимуму:

$$\overline{F} = F(\overline{X}, C) = \max_{X \in \Omega_X} F(X, C), \quad (3)$$

де область  $\Omega_X$  подано умовою (2).

У рівнянні (3)  $\overline{F}$  і  $\overline{X}$  – максимально досягне в умовах (1), (2) значення критерію оптимальності  $F$  і відповідне йому оптимальне значення вектора керування  $X$ .

Стан інформаційного середовища, в якому працює диспетчер, рівень професійної підготовки та психофізіологічний стан диспетчера – головні фактори, які сприяють прийняттю правильного рішення під час обслуговування повітряного руху [8–9].

Очевидним є те, що формальний підхід до збору, отримання, аналізу інформації про умови обслуговування повітряного руху та траєкторії руху повітряних кораблів створює передумови для помилкового рішення і може стати причиною неправильного або несвоєчасного прийняття рішення диспетчером та призвести, щонайменше, до порушення встановлених вимог нормативних документів, які визначають організацію обслуговування повітряного руху, а в гіршому випадку – виникнення інциденту, аварії або катастрофи.

### Багатокритеріальні задачі прийняття рішень

Вибираємо одне з множини рішень  $X$  з області  $\Omega_X$  їх допустимих значень.

На відміну від викладеного, кожне вибране рішення оцінюється сукупністю критеріїв  $f_1, f_2, \dots, f_k$ , які можуть відрізнятися своїми коефіцієнтами відносної значущості  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ .

Критерії  $f_q$ ,  $q = \overline{1, k}$ , називають частинними або локальними критеріями.

Вони утворюють інтегральний або векторний критерій оптимальності  $F = \{f_q\}$ .

Коефіцієнти  $\lambda_q$ ,  $q = \overline{1, k}$ , утворюють вектор значущості  $\Lambda = \{\lambda_q\}$ .

Кожний локальний критерій характеризує деяку локальну мету прийнятого рішення. Оптимальне рішення має задовольняти співвідношення

$$\overline{F} = \overline{F}(\overline{X}) = \text{opt}_{X \in \Omega_X} [F(X), \Lambda], \quad (4)$$

де  $\bar{F}$  – оптимальне значення інтегрального критерію;

opt – оператор оптимізації, який визначає вибраний принцип оптимізації.

Область допустимих рішень  $\Omega_x$  може бути розбита на дві непересічні частини:

$\Omega_x^c$  – область згоди, в якій якість рішення може бути поліпшене одночасно за всіма локальними критеріями або без зниження рівня будь-якого з критеріїв;

$\Omega_x^k$  – область компромісів, у якій поліпшення якості рішення за одними локальними критеріями призводить до погіршення якості рішення за іншими.

Оптимальне рішення може належати тільки області компромісів, оскільки в області узгодженості рішення має бути поліпшено за відповідними критеріями.

Виділення області компромісу звужує область можливих рішень, але для вибору єдиного варіанта рішення слід розкрити сенс оператора оптимізації (opt) виразу (4) або вибрати схему компромісу через вибір функції агрегування частинних показань ефективності.

Саме тому можна стверджувати, що ряд авіаційних подій та інцидентів з вини диспетчерів був спричинений людським фактором, тобто його ненадійністю як елемента системи «диспетчер – інформаційне середовище – екіпаж повітряного корабля». Це зумовлено тим, що для прийняття рішення використовувалася інформація, яка була не своєчасною, неповною або неправильно аналізувалася та інтерпретувалася через помилки диспетчерів унаслідок їх психофізіологічного стану та низького рівня професійної підготовки [4].

У процесі обслуговування повітряного руху відбувається активна взаємодія диспетчера з різними джерелами інформації та її видами.

Прийняття правильного рішення залежить від того, наскільки диспетчер зможе правильно сприйняти та проаналізувати наявну інформацію про умови обслуговування повітряного руху та виконання польотів. Саме тому для прийняття правильного рішення диспетчер повинен проаналізувати всі елементи наявної інформації, серед яких обов'язковими є:

- радіолокаційна інформація про динамічну повітряну ситуацію;
- планова інформація про рух повітряних кораблів;
- метеорологічна інформація;

– інформація про заборони та обмеження на використання повітряного простору як у своїй сфері відповідальності, так і за її межами;

– інформація про технічний стан аеродромів;

– інформація про стан роботи наземних радіотехнічних засобів.

Аналіз радіолокаційної інформації про динамічну повітряну ситуацію дає змогу диспетчеру надійно контролювати рух повітряних кораблів та своєчасно надавати обґрунтовані вказівки для забезпечення встановлених інтервалів між ними з метою уникнення зіткнень.

Аналіз планової інформації про рух повітряних кораблів дає диспетчеру змогу завчасно прогнозувати виникнення конфліктних ситуацій між повітряними кораблями та своєчасно їх усувати.

Аналіз інформації про метеорологічні умови дає диспетчеру змогу планувати використання ешелонів (висот) польоту та маршрутів організації повітряного руху залежно від наявності небезпечних метеорологічних явищ (грози, граду, обледеніння, турбулентності).

За їх наявності диспетчер не повинен надавати вказівок екіпажам повітряних кораблів щодо використання даних ешелонів польоту та маршрутів, щоб надалі вони їх звільняли або не використовували через обледеніння або райони з грозами, створюючи при цьому конфліктні ситуації з іншими повітряними кораблями.

Аналіз інформації про заборони та обмеження використання повітряного простору як у своєму районі відповідальності, так і за його межами дає змогу диспетчеру завчасно прогнозувати рух повітряних кораблів, а у разі розв'язання конфліктних ситуацій або обходу зон з небезпечними погодними умовами дозволяти екіпажам повітряних кораблів своєчасно відхилитися від установлених маршрутів без загрози безпеці польотів [1;7].

Аналіз інформації про технічний стан аеродромів дозволяє диспетчеру в разі виникнення особливих обставин у польоті з повітряним кораблем негайно допомогти екіпажу у виборі аеродрому для аварійної посадки з урахуванням при цьому типу повітряного корабля та наземного радіотехнічного обладнання, яке забезпечує заходження та посадку на аеродромі.

Аналіз диспетчером інформації про технічний стан роботи наземних радіотехнічних заходів та її своєчасне надання екіпажам повітряного корабля, особливо під час виконання заходження на посадку і посадки в складних метеорологічних умовах, гарантує безпечне виконання польоту.

Прийняття рішення ґрунтується на постійному та всебічному аналізі всіх елементів наявної інформації та являє собою найважче і відповідальне завдання диспетчера під час обслуговування повітряного руху.

Отримання точної та своєчасної інформації про метеорологічні умови, планування руху повітряних кораблів, технічне забезпечення та порядок виконання польотів є необхідною, але не достатньою умовою для прийняття диспетчером правильного рішення.

Серед зазначених умов для прийняття правильного рішення диспетчером доцільно звернути увагу на наявність у нього необхідних професійних знань, умінь і навичок, досвіду роботи, які створюють умови для пошуку та правильного відбору необхідної інформації і її розуміння. Ці знання і досвід є необхідною передумовою і для активізації відтворювального уявлення.

Уміння швидко виявити та розпізнати ту чи іншу ситуацію, проаналізувати та своєчасно прийняти правильне рішення на основі наявної інформації свідчить про високий рівень професійної надійності диспетчера.

Важливою умовою, на якій ґрунтується прийняття правильного рішення, є здатність диспетчера до глибокого і всебічного аналізу динамічної повітряної ситуації.

Уміння диспетчера швидко сприймати, аналізувати та прогнозувати траєкторії руху повітряних кораблів, використовуючи наявний ресурс радіотехнічних засобів, а також час, межі району відповідальності і структуру повітряного простору, дають змогу приймати правильне рішення та надавати обґрунтовану вказівку, дозвіл або іншу інформацію екіпажу повітряного корабля, створюючи таким чином передумови для правильного та своєчасного виконання ним необхідних дій з пілотування повітряного корабля, які позитивно вплинуть на безпечне виконання польоту.

У практичній діяльності диспетчера можуть траплятися різні випадки виникнення складних ситуацій:

- ускладнення умов виконання польоту;
- створення особливої ситуації в польоті;
- напружений психофізіологічний стан диспетчера.

Зазначені ситуації та умови виникають у тих випадках, коли диспетчер здійснює керування повітряним рухом за недостатнього обсягу наявної в нього інформації.

Зазначені фактори негативно впливають на психоемоційний стан та створюють психофізіологічне напруження у диспетчера, але попри це, він повинен адекватно сприймати, аналізувати та приймати правильне рішення, вплив якого на безпеку виконання польоту повітряним кораблем може мати вирішальне значення.

Щоб мінімізувати ризик негативного впливу цих факторів на диспетчера під час керування повітряним рухом у складній повітряній ситуації та складних умовах, необхідно в ході тренажерної та практичної підготовки формувати його вміння та навички зі сприйняття, аналізу та прийняття рішень з урахуванням усіх елементів інформації.

Наявність таких психологічних та людських якостей особистості, як самовладання, психологічна стійкість, передбачливість, здатність до сприйняття інформації у складній повітряній та метеорологічній ситуації, її аналіз та прогнозування розвитку ситуацій в районі відповідальності, сприяють формуванню вмінь одночасно враховувати інформацію, яка надходить більш ніж від одного джерела, переключати увагу на більш важливу інформацію чи ситуацію у повітрі та адекватно на це реагувати.

Відомий російський психолог П.С. Гуревич влучно зазначив, що схвильована та стривожена людина рідко поводить себе більш розумно, ніж у стані спокою. У повсякденному житті стривожена людина найчастіше припускається безглузвих помилок. А тому, констатує вчений, люди, які вміють контролювати себе і здатні шукати й отримувати додаткову інформацію про події, фактично зберігають спокій [1].

Передбачати розвиток ситуації на основі наявної інформації та прогнозувати умови руху повітряних кораблів – це одна з важливих професійних властивостей диспетчера під час керування повітряним рухом, яка розвивається та удосконалюється в ході тренажерної підготовки та протягом багаторічної діяльності з керування повітряним рухом.

Диспетчер повинен:

- постійно аналізувати динамічну повітряну ситуацію;
- своєчасно знаходити правильне рішення щодо ускладнення умов виконання польотів та обслуговування повітряного руху;
- без створення дефіциту часу надавати відповідні вказівки, дозволи та рекомендації екіпажам повітряних кораблів.

Чим детальніше аналізуються всі елементи інформації, які стосуються виконання польотів, тим більше варіантів вирішення конфліктної ситуації завчасно буде знайдено, тим більше несподіванок вдасться уникнути і більше обґрунтованих та правильних рішень прийняти.

Здатність диспетчера на підставі наявної інформації передбачати розвиток динамічної повітряної ситуації ґрунтується на великому професійному досвіді керування повітряним рухом, на професійних знаннях і вміннях оперувати ними.

Без обґрунтованої передбачливості керування повітряним рухом зводиться до парування неочікуваної динамічної повітряної ситуацій, збільшення завантаженості на диспетчера створення таким чином умов для виникнення помилок, які можуть стати причиною помилкового рішення диспетчера, що у свою чергу може призвести до порушення безпеки польотів.

Отже, передбачливість, яка ґрунтується на всіх наявних елементах інформації, має важливе психологічне значення для диспетчера. Використовуючи необхідну інформацію для планування своєї діяльності на декілька хвилин вперед, диспетчер тим самим створює собі спокійні стабільні умови роботи, які є передумовою безпечного виконання польоту. При цьому у диспетчера з'являється впевненість у своїх силах, і таким чином зростає його професійна надійність.

Очевидно, що все передбачити неможливо. Тому на швидке прийняття правильного рішення диспетчером впливає його великий професійний досвід та особистісні якості його характеру – самовладання, швидка реакція сприйняття повітряної ситуації, здатність переключати увагу, винахідливість під час прийняття рішення.

Прийняття диспетчером правильного рішення дає підстави стверджувати, що він має відмінну теоретичну та практичну підготовку, тобто високий рівень професійних знань, умінь та навичок.

Для прийняття рішень в умовах невизначеності, коли ймовірність можливих варіантів повітряної ситуації невідома, можна використовувати ряд критеріїв, вибір кожного з яких, з урахуванням характеру вирішуваного завдання, поставлених цільових настанов і обмежень, залежить також від схильності до ризику осіб, що приймають рішення.

Класичним критерієм, використовуваним під час прийняття рішень в умовах невизначеності, можна вважати критерій узагальненого максимуму (песимізму — оптимізму) Гурвіца. Цей критерій використовують у ситуації, коли потрібно зупинитися між лінією поведінки з розрахунку на гірший варіант і лінією поведінки з розрахунку на кращий варіант [2;3].

У цьому випадку перевага віддається варіанту рішень, для якого виявиться максимальним показник, визначуваний з виразу:

$$G_i = \{k \min a_{ij} + (1 - k) \max a_{ij}\},$$

де

$k$  – коефіцієнт, що розглядається як показник оптимізму ( $0 \leq k \leq 1$ );

$a_{ij}$  – виграш, що відповідає  $i$ -му рішення за  $j$ -го варіанта ситуації.

Якщо  $k = 0$  — лінія поведінки з розрахунку на краще, якщо  $k = 1$  — з розрахунку на гірше.

Неважко переконатися, що за  $k = 1$  критерій Гурвіца збігається з критерієм Вальда, тобто орієнтація на обережну поведінку.

Якщо  $k = 0$ , — орієнтація на граничний ризик, оскільки великий виграш зазвичай пов'язаний з великим ризиком.

Значення між 0 і 1 є проміжними між ризиком і обережністю і вибираються залежно від конкретної ситуації і схильності до ризику особи, що приймає рішення.

## Висновки

Прийняття правильного рішення диспетчером залежить від інформаційного середовища, професійної підготовки диспетчера та психофізіологічного стану.

Тільки з урахуванням впливу всіх зазначених факторів на діяльність диспетчера можна створити умови для прийняття ним правильного рішення та подання його у вигляді команди екіпажу повітряного корабля, чим будуть створені належні умови безпечного виконання польотів [6–9].

Отже, постає важливе науково-практичне завдання створення методології і теоретичного базису прийняття оптимальних рішень диспетчером у процесі його професійної діяльності.

#### Література

1. *Алексеев О.Н.* Рассмотрение причин авиационных происшествий, связанных с человеческим фактором в системе ОВД / О.Н. Алексеев // Наукові праці академії. – Кіровоград, 2003. – Вип. 7, Ч. 1. – С. 203–207.
2. *Борисов А.Н.* Принятие решений на основе нечетких моделей: примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Знание, 1990. – 184 с.
3. *Рева О.М.* Проактивне управління ризиками за людським фактором у цивільній авіації / О.М. Рева, С.І. Осадчий, О.М. Медведенко, Ю.М. Фоменко // Залізничний транспорт України: наук.-практ. журн. – 2008. – №6. – С. 54–59.
4. *Харченко В.П.* Интеграция засобів діагностики, прогнозування і управління рівнем безпеки польотів / А.Е. Луппо, О.М. Алексеев. – Вісник НАУ. – 2007, – №2 (32). – С. 43–49.
5. *Kharchenko V.P.* Some aspect automation safety flight system in civil aviation of Ukraine / V.P. Kharchenko, O.N. Alexeiev // Proc. of the third world Cong. “Aviation in the XXI – st century”. – 2008 – 31.22 – 31.25.
6. *Блумберг В.А.* Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов / В.А. Блумберг, В.Ф. Глушенко. – Л.: Лениздат, 1982. – 162 с.
7. *Энциклопедия безопасности авиации* / [Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М.Г. Луцкий и др.]: под ред. Н. С. Кулика. – К.: Техніка, 2008. – 1000 с.
8. *Харченко В.П.* Некоторые аспекты установления системы менеджмента безопасности в гражданской авиации Украины / В.П. Харченко, А.Е. Луппо, О.Н. Алексеев // Проблеми інформатизації та управління: зб. наук. пр. – К., 2007. – Вип. 1(19). – 148–153 с.
9. *Борисов А.Н.* Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьев. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.

Стаття надійшла до редакції 16.09.09.