

**О. М. Рева**, д-р техн. наук, проф.  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0003-2795-4587  
e-mail: ran54@meta.ua

**С. П. Борсук**, к-т техн. наук, доц.  
Національний авіаційний університет  
https://orcid.org/0000-0002-7034-7857  
e-mail: greyone.ff@gmail.com

## СИСТЕМНО-ІНФОРМАТИВНА АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ПРОЦЕДУРИ АНАЛІЗУ І ОЦІНЮВАННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРАМИ НЕБЕЗПЕК ПОРУШЕНЬ НОРМ ЕШЕЛОНУВАННЯ

### Вступ

Вже тривалий час людський чинник (ЛЧ) є першопричиною абсолютної більшості авіаційних подій (АП). І хоча технічна надійність сучасних повітряних суден (ПС) і радіотехнічних засобів (РТЗ) керування повітряним рухом (КПР) незрівнянно вище, ніж вона була 30–40 років тому, роль ЛЧ фактично не змінилася і пояснює за статистикою щонайменше  $\frac{2}{3}$ – $\frac{3}{4}$  загальної кількості АП [1–3].

Особливість прояву ЛЧ в авіаційних системах пояснюється, насамперед, специфікою професійної діяльності авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (диспетчерів обслуговування повітряного руху, членів льотного екіпажу), які в процесі виконання своїх обов'язків безпосередньо відповідають за забезпечення належного рівня безпеки польотів (БП) [4–7]. Йдеться про те, що їх діяльність — безперервний ланцюг прийняття рішень, що виробляються і реалізуються в явних і неявних формах та під впливом різноманітних чинників (внутрішніх/зовнішніх, об'єктивних/суб'єктивних), у тому числі ризиків стохастичного і нестохастичного характеру [2; 8; 9].

Слід зауважити, що процеси фактичного прийняття рішень авіаційними операторами «переднього краю» в складній поліергатиційній цілеспрямованій, організаційній і активній системі управління «льотний екіпаж — ПС — середовище — орган обслуговування повітряного руху» рідко передбачають наявність чіткого алгоритму дій. Лише в окремих (як правило, аварійних) випадках чітко виписана послідовність дій, наприклад, диспетчерів обслуговування повітряного руху під час пожежі на борту ПС, чи здійсненні ПС вимушеної посадки.

Усі інші рішення приймаються в умовах ризику — на основі дуже різноманітної і різнопланової інформації, надійність, валідність та актуальність якої у загальному випадку достеменно невідома.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Прийняття рішень диспетчерів обслуговування повітряного руху (ДОПР) практично завжди пов'язано з передбаченням, мисленням прогнозуванням поведінки об'єкта управління ПС у зоні відповідальності чи системи в цілому після дії керуючого впливу, тобто видачі відповідної команди льотному екіпажу. Сам процес вибору уявляють як певну послідовність кроків з: упізнання, аналізу, оцінки інформації про себе, стан ПС чи радіотехнічних засобів КПР, навколишнє середовище тощо (рис. 1) [8; 9; 12; 13].

Як можна побачити з рис. 1, на першому етапі ДОПР, як людина-оператор, за допомогою радіотехнічних засобів (РТЗ) КПР, отримує на своєму робочому місці (моніторі) інформацію про стан об'єкта керування ПС. Процес сприйняття інформації, у свою чергу, містить операції виявлення сигналу, виділення у сигналі окремих ознак, що відповідають поставленому перед ДОПР завданню забезпечення належного рівня безпеки польотів під час КПР, знайомство з виділеними ознаками та розпізнавання сигналу. Прийом інформації з екрану засобів візуальної інформації може здійснюватися і як цілісне предметне уявлення. Тоді в ньому в прихованому вигляді будуть наявні перелічені операції. При цьому зазначимо, що в процесі професійної підготовки у ДОПР виробляється здібність одноментного сприйняття оперативних одиниць інформації, що розглядаються як певні семантичні утворення, що містять різну кількість ознак [13].

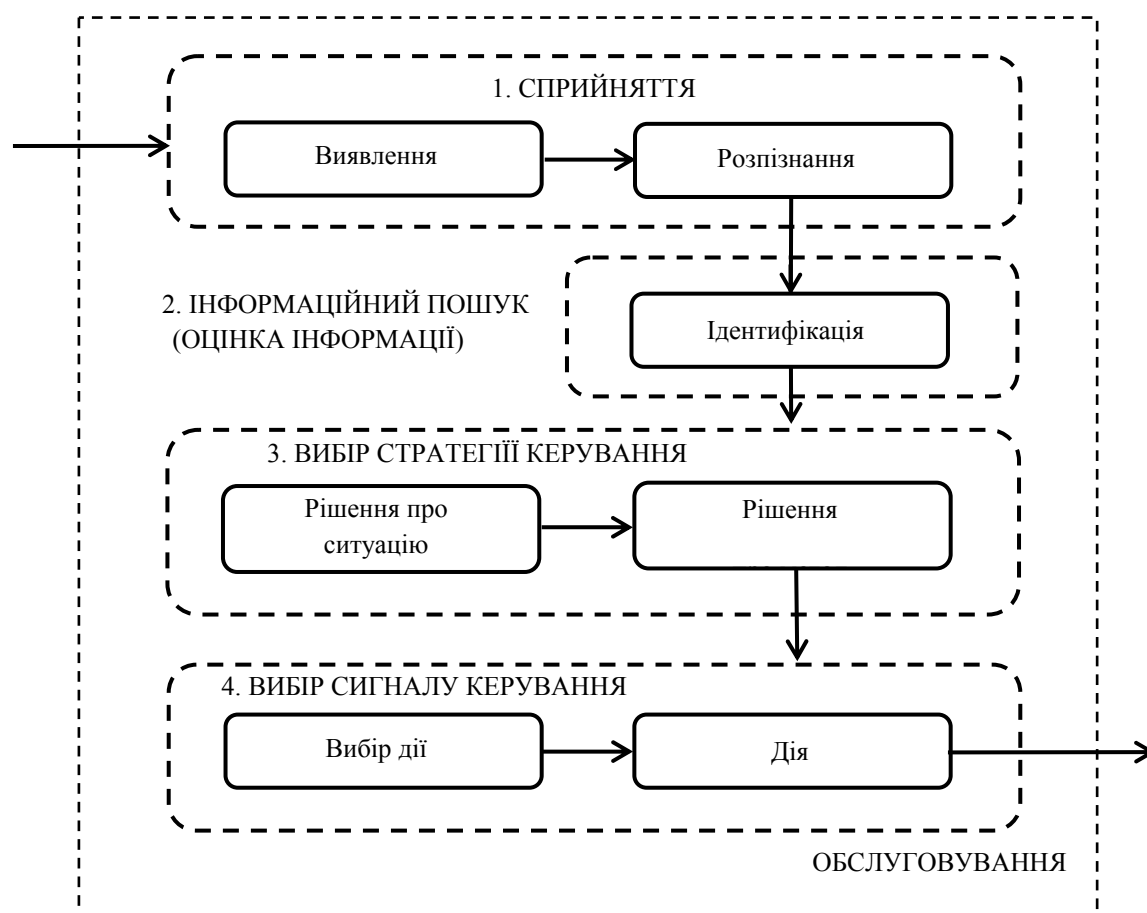


Рис. 1. Схема вирішення авіадиспетчером як людиною-оператором задачі управління

Другий етап діяльності ДОПР полягає в оцінюванні інформації, її аналізі та порівнянні з заданими значеннями контрольованих параметрів об'єкта керування, наприклад, нормами ешелонування ПС. На цьому етапі він виділяє критичні (потенційно-конфліктні) ситуації та об'єкти керування ПС, що створюють її у просторі середовища, встановлює пріоритетність обслуговування ПС. Третій етап діяльності пов'язаний з вирішенням ДОПР задачі відпрацювання стратегії керування ПС. Цей етап передбачає оцінку польотної ситуації, тобто взаємного розташування керованих літаків у просторі середовища зони відповідальності та вибір методу впливу на ПС.

У ряді випадків діяльність на цьому етапі визначена заздалегідь заданим та відомим оператору алгоритмом (технологією роботи).

Четвертий етап охоплює операції, сукупність яких забезпечує належне виконання прийнятого рішення. Реалізація рішення передбачає активний вплив на об'єкти керування ПС чи систему керування в цілому шляхом вводу керуючих сигналів, які вироблені ДОПР як людиною-оператором. Американські вчені І. Дженіс та Л. Манн запропонували методику ретельної оцінки, огляду та зважування варіантів поведінки людини під час прийняття рішень в умовах ризику (див. таблицю).

**Стадії прийняття рішень**

Кроки рішення	Контрольні питання для самоаналізу
Оцінка проблеми	Чи великий буде ризик, якщо я не буду втручатись в ситуацію?
Огляд варіантів	Чи дозволить вирішити проблему лише цей варіант дії?
	Чи є достатньою розглянута кількість альтернатив?
«Зважування» варіантів	Який варіант найкращий?
	Чи пов'язаний він із якими-небудь суттєвими вимогами?
Повідомлення про вибрану дію	Чи слід повідомляти інших?
Узяття на себе певних обов'язків	
Прийняття рішення, незважаючи на ризик	Чи буде ризик великим, якщо я нічого не зміню?

Перевага відповідних пропозицій полягає у тому, що вони побудовані у зручній для запам'ятовування користувачами формі. Крім того, наведена у таблиці схема кроків і питань самооцінки має за мету подолання людської інертності у ситуації вибору. Питання: «Чи великий буде ризик, якщо я нічого не зміню?» — нагадує людині-оператору про його ледачість та примушує знову проаналізувати ситуацію та шукати оптимальний вихід з неї [14].

Як алгоритм вирішення І. Дженіс та Л. Манн пропонують низку ситуацій, що виникають залежно від тих дій, за допомогою яких ДОПР як людина, яка приймає рішення надасть відповідь сама собі на відповідні запитання [14; 15]. Наведене дозволяє проаналізувати за окремими компонентами внутрішній конфлікт ДОПР, що пов'язаний з прийняттям рішень у процесі керування повітряним рухом [13].

#### **Мета статті (постановка завдання)**

Слід констатувати, що алгоритм І. Дженіса та Л. Манна не враховує, з одного боку, особливості обслуговування повітряного руху, а, з іншого — уведених ІСАО критеріїв оцінювання небезпек [16], що певним чином знижує ефективність його застосування під час дослідження людського чинника в аеронавігаційних системах. Виходячи з наведеного, метою цієї публікації є усунення зазначеного недоліку.

#### **Удосконалення покрокової схеми самоаналізу диспетчерів обслуговування повітряного руху небезпек порушень норм ешелонування повітряного судна**

Отже, з урахуванням вимог ІСАО щодо безпеки польотів керування повітряним судном [16] та результатів наших досліджень, вищезгаданий алгоритм І. Дженіса та Л. Манна, детально розглянутий у працях [13–15], було перетворено для потреб забезпечення самоаналізу ДОПР своєї професійної діяльності до вигляду, поданого на рис. 2, 3. Для оцінки якості рішення ДОПР з розв'язання потенційно-конфліктних ситуацій, викликані порушеннями норм ешелонування ПС, пропонуються правила, що мають процедурний характер. Вони мають два принципи:

— всебічно зважити ризик (рис. 4), виходячи з особистісного ставлення до нього, а також цінність альтернатив подолання небезпечної ситуації порушення норм ешелонування повітряного судна;

— шукати інформацію для успішного подолання небезпечної ситуації.

Отже, зазначимо, що пропозиції щодо подальшого розвитку алгоритму І. Дженіса та Л. Манна, поданих на рис. 2 і 3, стосуються, у тому числі,

необхідності оцінювання випробуваними ДОПР рівнів небезпек, що виникають унаслідок порушення норм ешелонування повітряного судна із застосуванням усього спектру небезпек, уведених ІСАО. Це формує в них стійкі знання, вміння, професійні навички розпізнавання небезпек, подолання яких має відпрацьовуватися під час тренажерної підготовки.

Зазначимо також, що ДОПР, здійснюючи вибір у процесі розв'язання ПКС мають проявити всі свої здібності і засоби керування повітряним рухом, збираючи та оцінюючи інформацію щодо порушення норм ешелонування повітряного судна у зоні відповідальності. Вважається, що рішення буде ефективним, якщо задоволені всі критерії якості прийняття рішень, що були спеціально розроблені для оцінювання ефективності операторської діяльності [13–15] і адаптовані для потреб професійної підготовки ДОПР так:

1) диспетчер обслуговування повітряного руху має ретельно відібрати і детально оглянути широкий спектр варіантів виконання дій з подолання небезпечної ситуації, пов'язаної з порушенням норм ешелонування повітряного судна;

2) розглянути весь спектр цілей з забезпечення належного рівня безпеки польоту та ефективності КПП (у тому числі, з позицій аллоцентризму, тобто льотних екіпажів керованих ПС, пов'язаних, наприклад, з економією авіаційного палива), поставлених перед нею, а також тих цінностей (матеріальних і моральних, див. рис. 4), що безпосередньо стоять за кожним варіантом вибору;

3) ретельно «зважити» все, що відомо про «ціну» та ризик, пов'язаними з ціллю: ціною яких втрат буде досягнута мета розв'язання конфліктної ситуації під час КПП;

4) почати інтенсивний пошук нової інформації, що дозволяє більш точно оцінити різні варіанти дій;

5) правильно використати і врахувати будь-яку нову інформацію або думку досвідченого експерта-фахівця (старшого зміни, інструктора, керівника польотів тощо), навіть якщо вони не відповідають тому розвитку ситуації, якому б віддав перевагу сам ДОПР, зайнятий безпосередньо КПП на робочому місці;

6) повторно проаналізувати позитивні і негативні наслідки всіх відомих варіантів розв'язання потенційно-конфліктні ситуації при КПП, включаючи ті, що спочатку розглядалися як неприйнятні, і тільки після цього зробити остаточний вибір;

7) передбачити до найменших деталей наслідки застосування рішення або виконання вибраної дії, привертаючи особливу увагу на випадкові обставини, що не піддаються передбаченню, але ж можуть виникнути, якщо розвиток польотної ситуації піде в небезпечному напрямку.

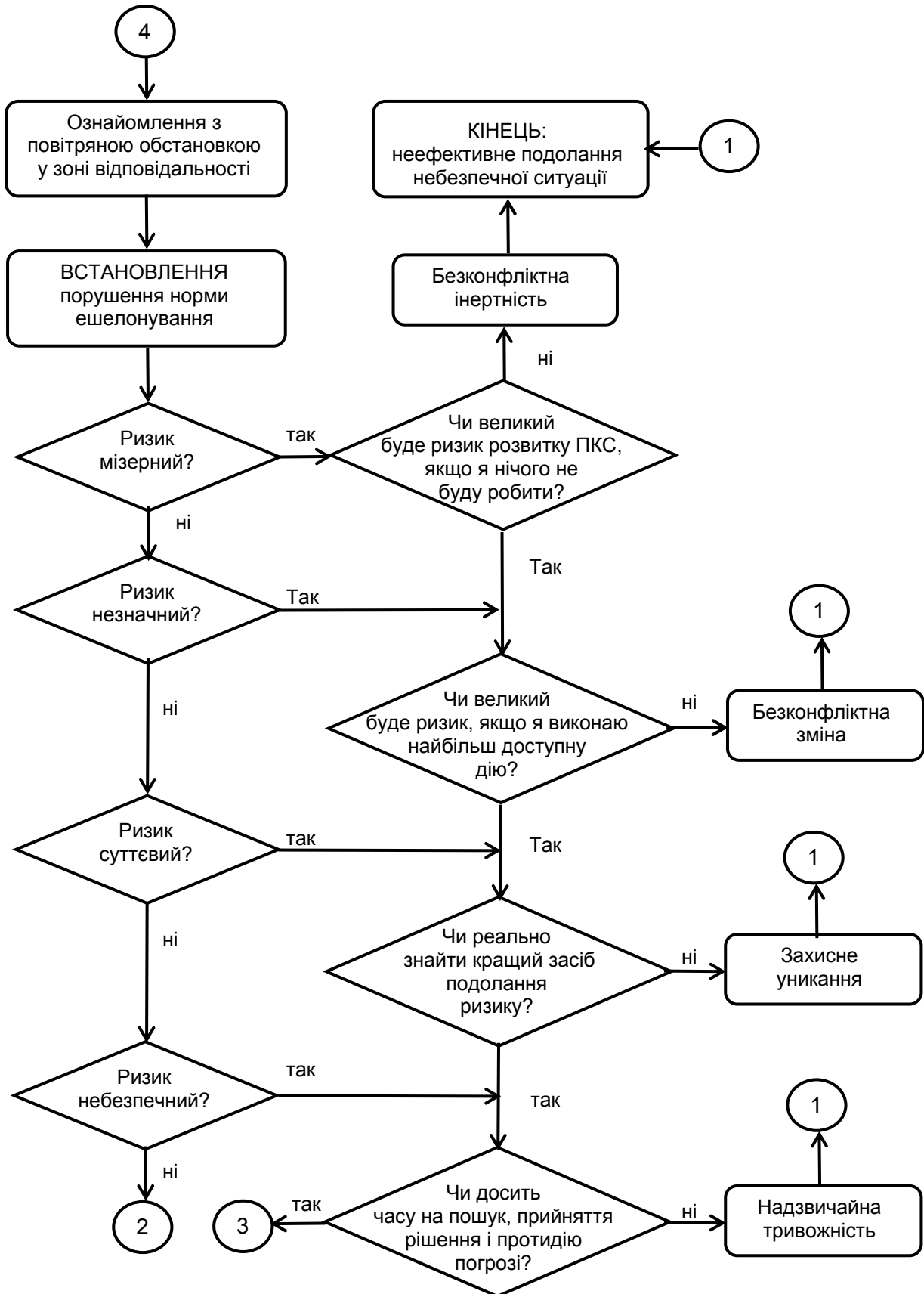


Рис. 2. Покрокова схема прийняття рішень авіадиспетчером щодо оцінювання небезпек порушень норм ешелонування (див. с. 230)

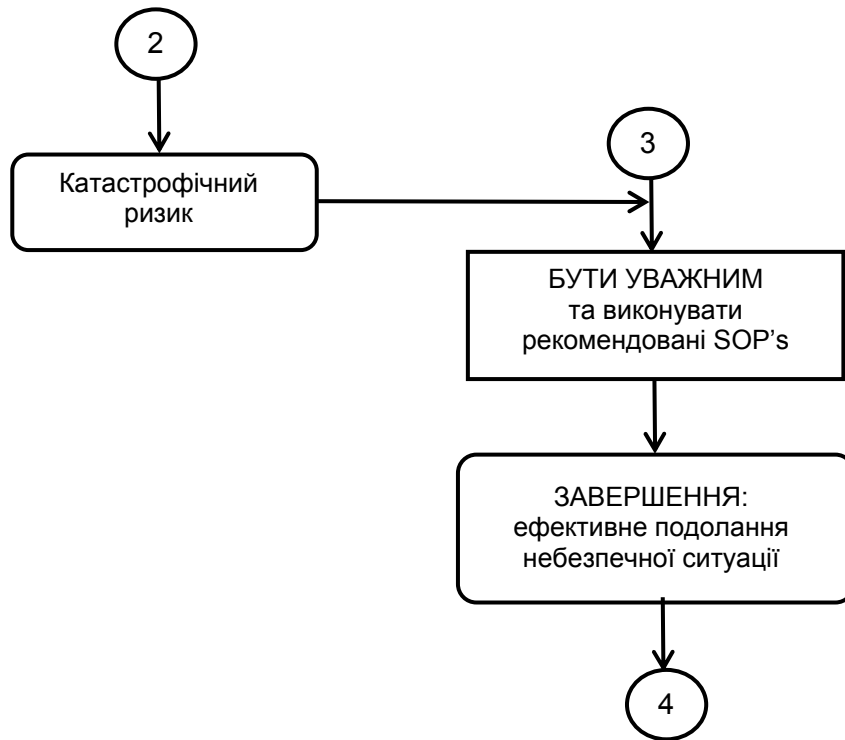


Рис. 3. Завершення

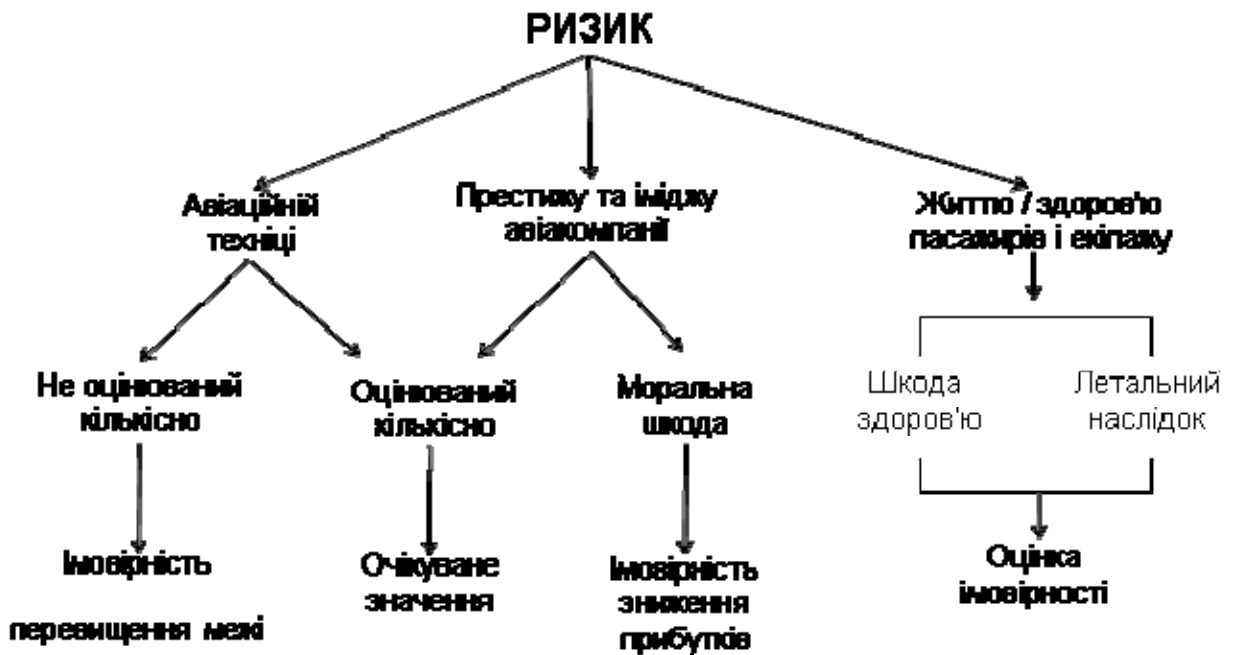


Рис. 4. Ризики в авіаційних системах

Значимо також, що професійні ДОПР, на жаль, неохоче виконують розглянуті нами вимоги та процедури.

Вони обмежуються одним-двома такими звичними правилами та процедурами, які, з одного боку, вважаються їм найбільш надійними, а, з іншого боку, ті, що завжди виручали їх у складний час. Тому особливо важливою є початкова професійна підготовка студентів-авіадиспетче-

рів, під час якої формується фундамент їх подальшої професійної діяльності.

З іншого боку, застосування розглянутих процедур в системі КІР має враховувати швидкість зміни польотної ситуації в зоні відповідальності. Оскільки зі статистики безпеки польотів при КІР відомі випадки, коли пошук «найкращого» рішення гірше, ніж швидке прийняття «достойного» рішення з причин жорсткого дефіциту ча-

су, якщо воно розглядається як «проміжне», і яке може бути в подальшому скоригованим в напрямку «найкращого».

Звісно, конфлікт, що супроводжує вирішення складної задачі прийняття рішення під час здійснення КПП, викликає стрес та накладає певні обмеження на раціональність вибору студентів-авіадиспетчерів як ЛПП, що має бути обов'язково враховане під час організації їх особистісно-орієнтованої професійної підготовки.

### Висновки

Розглядаючи отримані та подані у цій публікації нові наукові результати з розроблення рекомендацій щодо керування безпекою польотів та професійної підготовки ДОПР/студентів-авіадиспетчерів за кваліметричними показниками людського чинника, вкажемо на такі найбільш суттєві результати.

Враховуючи вплив людського чинника на безпеку польотів при КПП та орієнтуючись на уявлення професійної діяльності ДОПР, як безперервний ланцюг рішень, розглянута схема кроків і питань, що дозволяє їм здійснювати безперервний самоаналіз своїх дій у процесі вибору.

Для потреб формування в студентів-авіадиспетчерів професійних знань, умінь, професійних навичок безпосереднього КПП під час порушень норм ешелонування повітряного судна, знайшов подальший розвиток алгоритм прийняття рішень, розроблений І. Дженісом і Л. Маном, задля врахування у зазначеному самоаналізі ризику безконфліктної інертності та зміни, захисного уникання та надзвичайної тривожності. Вдосконалений нами алгоритм враховує як специфіку професійної діяльності ДОПР, так і якісні критерії оцінки, введені ІКАО для оцінювання РН, у тому числі, під час порушень норм ешелонування повітряного судна.

### Перспективи подальших досліджень

Вважаємо, що подальші дослідження слід проводити у напрямку розроблення інтелектуального модулю СППР ДОПР для полегшення аналізу ПКС.

### ЛІТЕРАТУРА

1. **Овчаров В.** Человеческий фактор: вечные проблемы / В. Овчаров // Гражданская авиация, 1996, - № 11. — С. 18–21.
2. **Рева А. Н.** Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния): монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. — Алматы, 2006. — 242 с.
3. **Козлов В. В.** Безопасность полетов: от обеспечения к управлению / В. В. Козлов. — М.: Оперативная полиграфия, 2010. — 270 с.

4. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор : сборник материалов № 7. — Циркуляр ИКАО 240-AN/144. — Монреаль, Канада, 1993. — 76 с.

5. Человеческий фактор при управлении воздушным движением // Человеческий фактор: сборник материалов № 8. — Циркуляр ИКАО 241-AN/145. — Монреаль, Канада, 1993. — 51 с.

6. Основные принципы учета человеческого фактора в системах организации воздушного движения : Док. ICAO 9758-AN/966. — Монреаль, Канада, 2000.

7. Безпека авіації / В. А. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов [та ін.]. — К.: Техніка, 2004. — 584 с.

8. **Рева О. М.** Модель проблемної ситуації в системах управління повітряним рухом / О. М. Рева, Г. М. Селезньов // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. жур. — Х.: Національний аерокосмічний ун-т ім. М. С. Жуковського «ХАІ», 2008. — № 6. — С. 30–35.

9. Уточненная аналитическая модель описания проблемной ситуации в аэронавигационных системах / А. Н. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоева, П. Ш. Мухтаров // Elmi məcmuələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin, — Bakı, 2015. — Child № 17/3. — С. 24–31.

10. **Губанов А. А.** Введение в системный анализ: учеб. пособие / А. А. Губанов, В. В. Захаров, А. Н. Коваленко; науч. ред. Л. А. Петросян. — Л.: ЛГУ, 1988. — 288 с.

11. **Камишин В. В.** Методы системного анализа у кваліметрії навчально-виховного процесу : монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. — К.: ТОВ «Інформаційні системи», 2012. — 270 с.

12. **Гасов В. М.** Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ. В 7 кн. Кн. 1. Инженерно-психологическое проектирование взаимодействия человека с техническими средствами : практич. пособ. / В. М. Гасов, Л. А. Соломонов; под ред. В. Н. Четверикова. — М.: Высшая шк., 1990. — 127 с.

13. Алгоритмізація самоаналізу авіадиспетчером процесів прийняття рішень в умовах ризику / Ю. Ю. Бірюков, І. А. Гасанов, Ш. Ш. Насиров, П. Ш. Мухтаров // «АВІА-2009»: мат-ли ІХ Міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 21–23 вересня 2009 р., К.: НАУ, 2009. — С. 15.21–15.24.

14. **Jenis I.** Decision Making: A psyche logical analysis of conflict, choice and complement / I. Jenis & L. Mann. — N.-Y.: Free Press, 1977. — 500 p.

15. **Стрелков Ю. К.** Инженерная и профессиональная психология : учеб. пособие / Ю. К. Стрелков. — М.: Издательский центр «Академия»; Высшая шк., 2001. — 360 с.

16. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Док. ICAO 9859-AN/474. — Изд-е 3-е. — Монреаль, Канада, 2013.

Рева О. М., Борсук С. П.

### СИСТЕМНО-ИНФОРМАТИВНА АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ПРОЦЕДУРИ АНАЛІЗУ І ОЦІНЮВАННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРАМИ НЕБЕЗПЕК ПОРУШЕНЬ НОРМ ЕШЕЛОНУВАННЯ

*Ураховуючи сталий і перманентний вплив людського чинника на безпеку авіаційних систем, обґрунтовано системно-інформативну алгоритмізацію самооцінки диспетчерами обслуговування повітряного руху небезпек порушень норм ешелонування повітряних суден, встановлених ІКАО для горизонтальної площини виконання польотів у просторі. Розглянуто схему вирішення задачі управління, стадії прийняття рішень, ієрархію ризику в аеронавігаційних системах. Відомий алгоритм американських вчених І. Дженіса та Л. Манна було вдосконалено, з одного боку, з урахуванням, особливостей їх професійної діяльності, а, з іншого — з урахуванням введених ІКАО якісних критеріїв оцінювання рівнів небезпек в авіаційних системах. Розглянута схема кроків і питань дозволить авіаційним диспетчерам здійснювати безперервний самоаналіз своїх дій в процесі прийняття рішень.*

**Ключові слова:** аеронавігаційні системи; людський чинник; порушення норм ешелонування; алгоритм оцінювання небезпек; диспетчерський персонал.

Рева А. Н., Борсук С. П.

### СИСТЕМНО-ИНФОРМАТИВНАЯ АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ НАРУШЕНИЯ НОРМ ЭШЕЛОНИРОВАНИЯ

*Учитывая постоянное и перманентное влияние человеческого фактора на безопасность авиационных систем, обосновано системно-информативную алгоритмизацию самооценки диспетчерами обслуживания воздушного движения опасности нарушения норм эшелонирования воздушных судов, установленных ИКАО для горизонтальной плоскости выполнения полётов в пространстве. Рассмотрены схема решения задачи управления, стадии принятия решений, иерархию риска в аеронавігаційних системах. Известный алгоритм американских учёных И. Дженіса и Л. Манна был усовершенствован, с одной стороны, с учётом особенностей их профессиональной деятельности, а, с другой стороны, - с учётом введённых ИКАО качественных критериев оценивания уровней угрозы в авиационных системах. Рассмотренная схема шагов и вопросов позволит авиационным диспетчерам совершать непрерывный самоанализ своих действий в процессе принятия решений.*

**Ключевые слова:** аэронавигационные системы; человеческий фактор; нарушения норм эшелонирования; алгоритм оценивания опасности; диспетчерский персонал.

Reva O. M., Borsuk S. P.

### SYSTEMATIC-INFORMATIVE ALGORITHMIZATION OF FLIGHT NORMS VIOLATION HAZARD ESTIMATION AND ANALYSIS PROCEDURE BY AIR TRAFFIC CONTROLLERS

*Taking into account restrictions set by ICAO for flights in horizontal plane systematic-informative algorithmization of air traffic controllers self-estimation was grounded. That estimation concerns air traffic flight norms violation and takes into account stable and permanent human factor influence upon flight systems safety. Management task solution scheme, decision taking stages and risk grading in air navigation systems are considered. Розглянуто схему вирішення задачі управління, стадії прийняття рішень, ієрархію ризику в аеронавігаційних системах. Known algorithm of American scientist I. Jenis and L. Mann was improved considering both ICAO qualitative criteria of aviation systems hazard levels and peculiarities of air traffic controllers professional activities. Proposed schrmr of steps and questions will allow air traffic controller to proceed with continuous actions self-analysis during solution taking.*

**Keywords:** air-navigation systems; human factor; flight norms violation; hazard estimation algorithm; air traffic control personnel.

Стаття надійшла до редакції 04.07.2017 р.

Прийнято до друку 01.09.2017 р.

Рецензент – д-р техн. наук, проф. Азарсков В. М.