

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ

Факультет авіаційного менеджменту
Кафедра аеронавігації, метеорології та організації повітряного руху

ЄРЬОМЄНКО ІВАН ДЕНИСОВИЧ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Модель системи підтримки прийняття рішень для диспетчерів під час управління повітряним рухом у диспетчерському районі

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

ОПП «Управління повітряним рухом»

Освітній ступінь - магістр

«Допустити до захисту»

Завідувач кафедри:

к.т.н., доцент _____ Н.І. Кушнірова

« _____ » _____ 2025 р.

Науковий керівник:

к.т.н., доцент, _____ Н.І. Кушнірова

Робота захищена:

« _____ » _____ 2025 р.

з оцінкою _____

Голова ЕК _____

Кропивницький 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Ефективне функціонування системи організації повітряного руху залежить від компетентних та кваліфікованих спеціалістів з управління повітряним рухом. Персонал служби управління повітряним рухом, безпосередньо зайнятий у забезпеченні безпеки польотів, повинен мати загальним розумінням того, що від нього очікується щодо кваліфікації та ефективності незалежно від місця роботи, для підтримки належного рівня безпеки польотів та досягнення оптимальної пропускної здатності системи обслуговування повітряного руху.

Звернувшись до статистичних даних, не можна не помітити, що найбільший відсоток причин авіакатастроф відбувається саме через вплив людського фактору. За останніми статистичними даними ІКАО, цей відсоток складає близько 80%, що значно перевищує дані за іншими показниками. Таким чином, можна зробити висновок, що саме людина-оператор залишається найбільш уразливою ланкою в системі оператор - машина. Зменшення помилок людини в цій системі може значно поліпшити показники з безпеки польотів, як в Україні, так і в світі.

У дипломній роботі проведено декомпозицію процесу прийняття рішення потенційно-конфліктної ситуації авіадиспетчером, розроблено послідовність рівнів повідомлень, що видаються, залежно від етапу розвитку потенційно-конфліктної ситуації та наведено приклад реалізації багаторівневої системи видачі рекомендацій.

Отримані результати дозволять підвищити ефективність роботи систем підтримки прийняття рішень та якість тренажерної підготовки авіадиспетчерів.

Пояснювальна записка включає: _____ сторінок , _____ малюнків , _____ таблиць , _____ літературних джерел.

ANNOTATION

The effective functioning of the air traffic management system depends on competent and qualified air traffic management specialists. Air traffic control personnel directly involved in air traffic safety must have a common understanding of what is expected of them in terms of proficiency and performance, regardless of location, to maintain an adequate level of air traffic safety and achieve optimal capacity of the air traffic services system.

Turning to the statistical data, one cannot help but notice that the largest percentage of the causes of plane crashes is precisely due to the influence of the human factor. According to the latest ICAO statistics, this percentage is about 80%, which is significantly higher than other indicators. Thus, we can come to the disappointing conclusion that the human operator remains the most vulnerable link in the operator-machine system. Reducing human errors in this system can significantly improve flight safety indicators, both in Ukraine and in the world.

In the thesis, a decomposition of the decision-making process of a potentially conflict situation by an air traffic controller was carried out, a sequence of levels of messages issued, depending on the stage of development of a potentially conflict situation, was developed, and an example of the implementation of a multi-level system of issuing recommendations was given.

The obtained results will allow to increase the efficiency of the decision support systems and the quality of training of air traffic controllers.

The explanatory note includes: _____ pages, _____ figures, _____ tables, _____ literature sources.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	10
1.1 Поняття системи підтримки прийняття рішень	10
1.2 Основні вимоги, яким повинні відповідати системи підтримки прийняття рішень	15
1.3 Класифікація систем підтримки прийняття рішень	17
1.4. Загрози при управлінні повітряним рухом	27
РОЗДІЛ 2. КОНТРОЛЬ ФАКТОРІВ ЗАГРОЗ І ПОМИЛОК	35
2.1 Концепція контролю факторів загроз і помилок	36
2.2 Компоненти концепції контролю загроз і помилок	38
2.3 Контроль загроз і помилок при управлінні повітряним рухом	48
РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА ВИДАЧІ РЕКОМЕНДАЦІЙ ПРИ ВИРІШЕННІ ПОТЕНЦІЙНО-КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ	57
3.1 Декомпозиція процесу рішення потенційно-конфліктної ситуації авіадиспетчером	57
3.2 Багаторівнева система видачі рекомендацій при вирішенні потенційно-конфліктних ситуацій	71
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	82

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АДВ	аеродромна диспетчерська вишка
АС УПР	автоматизована система управління повітряним рухом
АП	авіаційна подія
АТ	авіаційний транспорт
АТС	авіаційна транспортна система
БП	безпека польотів
ВЛП	весняно-літній період
ЕПС	екіпаж повітряного судна
ЗПС	злітно-посадкова смуга
ІСАО	Міжнародна організація цивільної авіації
КП	керівник польотів
КС	конфліктна ситуація
ЛА	літальний апарат
ЛА НАУ	льотна академія Національного авіаційного університету
МК	моделюючий комплекс
МС	місця стоянок
НСЦ	Навчально-сертифікаційний центр
РСП	регіональний структурний підрозділ
РЦПК ОЦВС	Регіональні центри підвищення кваліфікації фахівців ОЦВС
ТЗ	транспортний засіб
ОЗП	осінньо-зимовий період
ОПР	обслуговування повітряного руху
ОрПР	організація повітряного руху
ОЦВС	Об'єднана цивільно-військова система організації повітряного руху України

ПЗ	програмний засіб
ПКС	потенційно конфліктна ситуація
ПР	повітряний рух
ПС	повітряне судно
РД	руліжна доріжка
РДЦ	районний диспетчерський центр
СОПР	служба обслуговування повітряного руху
ТЦ	тренажерний центр
УПР	управління повітряним рухом
АР	airport
SARPs	Standart and Recommended practice
ICAO	International Civil Aviation Organization

ВСТУП

Ефективне функціонування системи організації повітряного руху залежить від компетентних та кваліфікованих спеціалістів з ОрПР. Персонал служби управління повітряним рухом, безпосередньо зайнятий у забезпеченні безпеки польотів, повинен мати загальним розумінням того, що від нього очікується щодо кваліфікації та ефективності незалежно від місця роботи, для підтримки належного рівня безпеки польотів та досягнення оптимальної пропускну здатність системи обслуговування повітряного руху. Таке загальне розуміння особливо важливе через зростаючого обсягу перевезень і складності і взаємопов'язаності залучених систем, що збільшується.

За прогнозами Міжнародної організації цивільної авіації до 2030 року щорічна кількість пасажирів досягне 6 млрд., а кількість вильотів – перевищить 50 млн., тобто практично подвоїться порівняно з показниками 2011 року. Таке зростання чинитиме постійно зростаючий тиск на всі авіаційні системи, багато з яких вже досягли максимальної пропускну спроможності. Незважаючи на об'єктивні причини, включаючи події у європейському та близькосхідному регіонах, спостерігалось поновлення зростання загального обсягу регулярних комерційних рейсів. У контексті цього зростання і в світлі очікуваного збільшення кількості повітряних перевезень необхідно враховувати ініціативи, спрямовані на подальше поліпшення досягнутих результатів, і насамперед у питаннях забезпечення безпеки перевезень. Маючи це на увазі, ІКАО безперервно розробляє та оновлює найбільш проактивні та засновані на обліку ризиків методи подальшого зниження кількості авіаційних подій у світі. Діяльність Організації зосереджується насамперед на трьох пріоритетних сьогодні факторах ризику для безпеки польотів: події, пов'язані з операціями на ЗПС; зіткнення керованого повітряного судна із землею (CFIT); втрата керованості в польоті та пригоди через відмову компонентів систем.

Звернувшись до статистичних даних, не можна не помітити, що найбільший відсоток причин авіакатастроф відбувається саме через вплив людського фактору. За останніми статистичними даними ІКАО, цей відсоток складає близько 80%, що значно перевищує дані за іншими показниками.

Проаналізувавши показники з безпеки польотів в Україні (у період активного виконання польотів цивільною авіацією) і в країнах Євроконтролю, можна зробити аналогічні висновки. Таким чином, можна зробити висновок, що саме людина-оператор залишається найбільш уразливою ланкою в системі оператор - машина. Зменшення помилок людини в цій системі може значно поліпшити показники з безпеки польотів, як в Україні, так і в світі.

У зв'язку з цим ми вважаємо, що існує потреба розробити ефективний апарат підтримки прийняття рішень авіадиспетчера на робочому місці диспетчера районного диспетчерського центру (СТА). На наш погляд, найбільш доцільним є розроблення такої системи стосовно саме до СТА, оскільки на це є ряд причин:

- По площі і обсягу повітряного простору, районний диспетчерський центр, як правило, в декілька разів перевершує райони ТМА і тим більше СТР.
- Найбільшу частку польотного часу, як правило, повітряні судна перебувають в повітряному просторі диспетчера СТА.
- Висока інтенсивність польотів повітряних суден у таких секторах.
- Що стосується України, районні диспетчерські центри здійснюють обслуговування великої кількості транзитних рейсів, що істотно підвищує інтенсивність руху в цих районах, а отже і навантаження на диспетчера управління повітряним рухом.

Метою представленої роботи є, користуючись уже наявним інструментарієм, удосконалити методи підтримки прийняття рішень при розвитку потенційно конфліктних ситуацій на етапі польоту в диспетчерському районі.

В ході виконання роботи вирішувалися наступні **завдання**:

1. Провести інформаційний пошук по вже існуючим системам підтримки прийняття рішень для авіаційних диспетчерів.
2. Розглянути концепцію контролю факторів загроз і помилок з метою використання її в декомпозиції процесу прийняття рішень авіадиспетчером.
3. Провести декомпозицію процесу прийняття рішення потенційно-конфліктної ситуації авіадиспетчером.
4. Проаналізувати існуючу систему підтримки прийняття рішень на прикладі моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера та розробити пропозиції щодо її вдосконалення. Розробити послідовність рівня виданих повідомлень в залежності від етапу розвитку потенційно-конфліктної ситуації.

Об'єктом дослідження виступає авіаційно-транспортна система.

Предметом дослідження є система підтримки прийняття рішень авіадиспетчера на робочому місці диспетчера диспетчерського району.

Методи, використані в роботі:

В роботі використовувалися наступні методи теоретичного рівня:

- Метод аналізу проводився з метою дослідження в області безпеки польотів, а також регламентуючих документів з питань діяльності диспетчера УПР, літературних джерел по системам підтримки прийняття рішень, людського фактору в авіації тощо;
- Метод узагальнення проводився з метою обґрунтування актуальності проблеми дослідження, визначення основних напрямів створення моделі;
- Метод моделювання використовується в роботі для побудови схеми помилок при парировання потенційно-конфліктних ситуацій по параметру своєчасності прийняття рішень.

У роботі використовуються такі методи емпіричного рівня:

- Вимірювання і порівняння застосовуються для визначення етапів рішення потенційно-конфліктної ситуації за критерієм своєчасності і аналізу схеми помилок;

- Спостереження (аналіз помилок у виконаних вправах) дозволило підтвердити актуальність нашого дослідження.

Наукова новизна: в роботі запропоновано схему роботи багаторівневої системи видачі рекомендацій та послідовність рівня видачі повідомлень в залежності від етапу розвитку потенційно-конфліктної ситуації.

Практичне значення: результати дипломного дослідження можуть бути використані в навчальних закладах з підготовки фахівців для служби руху, тренажерних і сертифікаційних центрах для підвищення ефективності професійної підготовки диспетчерського складу. Розроблено алгоритм роботи багаторівневої системи видачі рекомендацій, послідовність рівня видачі повідомлень в залежності від етапу розвитку потенційно-конфліктної ситуації і приклади реалізації багаторівневої системи видачі рекомендацій.

Публікації: результати дослідження були опубліковані в наукових тезах:

1. Єрьомєнко І.Д., Кушнєрова Н.І., Землянський А.В., Класифікація загроз при управлінні повітряним рухом / V Міжнародна науково-практична конференція «АВІАЦІЯ, ПРОМИСЛОВІСТЬ, СУСПІЛЬСТВО», 16 травня 2024 року, м. Кременчук.

2. Єрьомєнко І.Д., Кушнєрова Н.І., Модель системи видачі рекомендацій при вирішенні потенційно-конфліктних ситуацій / ІІ Міжнародна науково-практична конференція «Scientific Research in the Age of Virtual Reality: Exploring New Frontiers» (December 18-20, 2024) Montreal, Canada, International Scientific Unity, 2024. 307 p.

РОЗДІЛ 1

СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

1.1 Поняття системи підтримки прийняття рішень

Системи підтримки прийняття рішень (СППР, DSS, Decision Support System) з'явилися на початку сімдесятих років минулого століття завдяки розвитку управлінських інформаційних систем та успіхів у створенні систем штучного інтелекту. Це стало можливим завдяки дослідженням у галузі обробки великих масивів даних, аналізу інформації та моделювання процесів прийняття рішень. Системи підтримки прийняття рішень дозволили автоматизувати процес прийняття рішень, враховуючи різні фактори та обмеження, а також надавати рекомендації та прогнози на основі наявних даних. Вони стали важливим інструментом для керівників та фахівців різних рівнів та галузей, допомагаючи їм приймати обґрунтовані та ефективні рішення.. Розвиток систем підтримки прийняття рішень обумовлено насамперед значними успіхами в галузі інформаційних технологій, включаючи локальні та глобальні телекомунікаційні мережі, шлунки поширення персональних комп'ютерів, динамічні електронні таблиці та експертні системи. Локальні та глобальні телекомунікаційні мережі забезпечують швидкий обмін інформацією між різними учасниками процесу прийняття рішень, що дозволяє оперативно враховувати зміни та нові дані. Персональні комп'ютери (включаючи мобільні варіанти: ноутбуки, планшетні комп'ютери та мобільні телефони) надають можливість обробляти великі обсяги інформації та проводити складні розрахунки, необхідні для підтримки прийняття рішень. Динамічні електронні таблиці дозволяють автоматизувати процес обробки даних та моделювання різних сценаріїв розвитку подій, що спрощує аналіз та вибір оптимального рішення. Експертні системи призначені для допомоги фахівцям у галузі управління та прийняття рішень у використанні накопичених знань та досвіду для підтримки прийняття

обґрунтованих та ефективних рішень. Таким чином, прогрес в інформаційних технологіях відіграє ключову роль у розвитку систем підтримки прийняття рішень, забезпечуючи підвищення ефективності та якості прийнятих рішень.

Головна мета систем підтримки прийняття рішень полягає у наданні користувачеві системи інструментів для обробки великих обсягів даних та допомоги у прийнятті рішень. Обов'язково необхідно враховувати, що ці системи не створюють готових рішень за користувачів, а лише надають їм інформацію у зручному форматі для вивчення та аналізу. Таким чином, ці системи допомагають користувачам у процесі прийняття рішень.

Основне завдання систем підтримки прийняття рішень – надати користувачам інструменти для роботи з даними та допомоги у виборі оптимального рішення. Ці системи не пропонують готові рішення замість користувачів, а лише забезпечують їх інформацією у зручному та структурованому форматі для вивчення та подальшого аналізу. Таким чином, ці системи сприяють користувачам у процесі прийняття рішень.. Вироблення системою підтримки прийняття рішень системою підтримки прийняття рішень готового підсумкового результату, що є основною метою цієї технології, відбувається в результаті процесу, зображеного на рисунку 1.1, основними елементами якого є такі об'єкти:

1. система підтримки прийняття рішень в ролі комплексу програмних (або програмно-апаратних) засобів забезпечення необхідних обчислень і об'єкту управління;

2. людина яка управляє комплексом (в переважній більшості випадків як користувач), що задає необхідний обсяг (запит) вхідних даних та оцінює отриманий результат обчислень обчислювальним комплексом системи підтримки прийняття рішень.

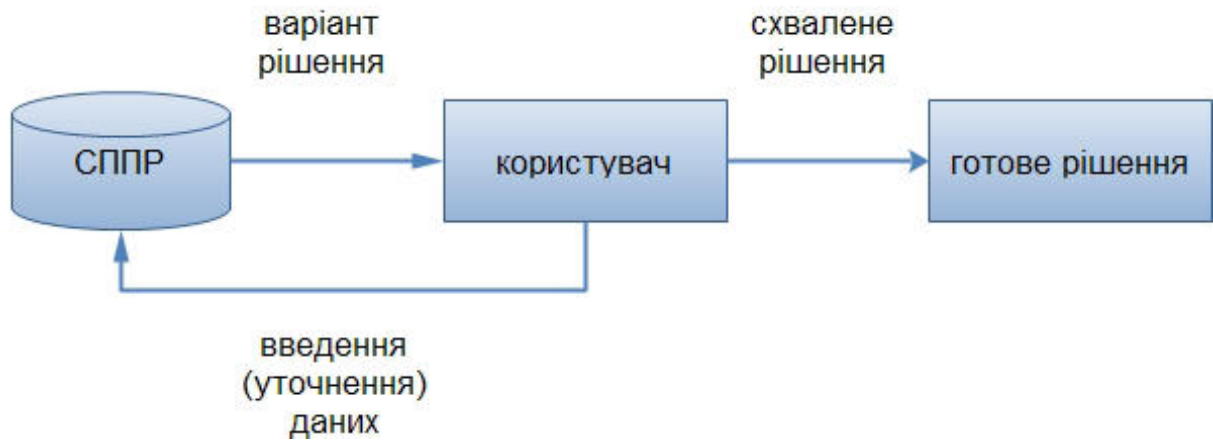


Рис. 1.1 Елементарна схема взаємодії користувач - система підтримки прийняття рішень

У сучасних автоматизованих системах управління повітряним рухом системи підтримки прийняття рішень відіграють важливу роль в управлінні повітряним рухом та забезпеченні безпеки польотів. Вони включають ситуаційні центри, засоби багатовимірного аналізу даних та інші аналітичні інструменти, які дозволяють моделювати розвиток повітряної ситуації та надають інтелектуальний доступ до інформації. За допомогою спеціальних математичних методів, що використовуються на цьому рівні, можна прогнозувати хід зміни динамічної повітряної обстановки, аналізувати ступінь завантаженості повітряного простору та ефективність роботи диспетчерів управління повітряним рухом. Це допомагає службі управління повітряним рухом приймати обґрунтовані рішення та координувати рух повітряних суден з огляду на безліч факторів, таких як метеорологічні умови, наявність заборон та обмежень при управлінні повітряним рухом та інші обставини. Крім того, системи підтримки прийняття рішень можуть виконувати складні завдання, такі як оптимізація маршрутів руху повітряних суден, розподіл ресурсів та планування заходів щодо забезпечення безпеки польотів. Завдяки застосуванню систем підтримки ухвалення рішень авіадиспетчери можуть швидко та ефективно реагувати на зміни в динамічній повітряній обстановці, забезпечуючи безпеку та економічність польотів у своїй зоні обслуговування повітряного руху.

В результаті інформаційного пошуку доступними джерелами інформації ми з'ясували, що досі не існує єдиного визначення системи підтримки прийняття рішень. Далі ми наводимо деякі з визначень, які використовуються для систем підтримки прийняття рішень:

○ Це найбільш потужний представник класу аналітичних систем орієнтований на:

- аналіз великих масивів різноманітних і неоднорідних даних,
- виконання більш складних запитів користувачів,
- моделювання процесів будь-якої складності в предметної області запиту,
- прогнозування розвитку ситуації,
- знаходження явних та неявних залежностей між даними,
- проведення багатовимірної аналізу за принципом "...що відбудеться, якщо"

○ Це інтерактивна, тобто побудована на принципах взаємодії з користувачем у режимі реального часу, прикладна система, яка забезпечує кінцевим користувачам, які приймають рішення, легкий і зручний доступ до масивів різноманітних даних і моделей з метою прийняття рішень в слабо структурованих і неструктурованих ситуаціях в різних областях різноманітної, як правило професійної, діяльності.

○ Це людино-машинні (тобто такі, в яких через спеціальні інтерфейси відбувається взаємодія оператора та машини (як правило комп'ютерів у тому чи іншому вигляді)) автоматизовані інформаційні системи, максимально пристосовані до вирішення завдань повсякденної управлінської діяльності.

○ Це інтерактивні автоматизовані системи, які допомагають користувачам, які приймають рішення, використовувати масиви різноманітних даних і моделі для вирішення неструктурованих і слабо структурованих проблем.

○ Це комп'ютерна інформаційна система, яка використовується для підтримки різних видів діяльності під час прийняття рішень в ситуаціях, коли

неможливо або небажано мати автоматичну систему, яка повністю виконує весь процес рішень без втручання людини-оператора.

Різноманітність визначень відображає широкий спектр різних типів систем підтримки прийняття рішень. Проте майже всі види цих комп'ютерних систем мають чітку структуру, яка складається з трьох основних компонентів, що складають основу класичної структури систем підтримки прийняття рішень і відрізняють її від інших типів інформаційних систем:

- інтерфейс користувача (тобто протокол взаємодії, що включає в себе правила та засоби ведення діалогу (елементи введення та відображення інформації)), який дає можливість особі, яка має право приймати рішення, проводити діалог, у сучасних умовах як правило в режимі реального часу, з системою, використовуючи різні програми введення, формати і технології виведення;
- підсистема, призначена для безпечного зберігання (включаючи елементи шифрування, обмеження доступу та резервування інформації), управління, вибору, відображення та аналізу даних;
- підсистема, яка містить набір форматів, зразків, шаблонів та моделей для забезпечення відповідей на безліч запитів користувачів, для аналітичних задач.

Таким чином, ми можемо зробити висновок, що досі термін "система підтримки ухвалення рішення" не знайшов загальновизнаного визначення. Один факт залишається незаперечним: системи підтримки прийняття рішень призначені допомагати проектувати, оцінювати альтернативи та контролювати процес реалізації різних рішень. Причому в сучасних умовах бурхливого розвитку систем штучного інтелекту (який так само є системою підтримки прийняття рішень) коло завдань, для яких користувачі застосовують системи підтримки прийняття рішень, значно розширилося від суто наукових досліджень до повсякденних побутових питань. У загальному вигляді ми можемо стверджувати, що стосовно галузі цивільної авіації та системи обслуговування повітряного руху, система підтримки прийняття

рішень – це людино-машинний обчислювальний комплекс, орієнтований на аналіз масиву даних реального часу та забезпечення отримання інформації, необхідної для прийняття рішень у сфері управління повітряним рухом.

1.2 Основні вимоги, яким повинні відповідати системи підтримки прийняття рішень

Щоб мати можливість виконувати поставлені користувачами завдання, сучасні системи підтримки прийняття рішень повинні відповідати цілій низці певних вимог.

Інтерактивність (здатність реагувати на зміни) системи підтримки прийняття рішень передбачає, що система (як правило в режимі реального часу) реагує на різні операції (наприклад введення даних, коригування запитів, зміна умов і так далі), якими користувач має намір вплинути на обчислювальний процес, зокрема в діалоговому режимі .

Інтегрованість (здатність до об'єднання або сумісність) системи підтримки прийняття рішень забезпечує сумісність складових систем управління даними та засобами спілкування (інтерфейсами користувача, зокрема системами введення інформації та відображення інформації) з користувачами в процесі підтримки прийняття рішень.

Потужність системи підтримки прийняття рішень означає здатність системи відповідати на запити користувачів з допустимими затримками за часом та необхідною якістю відповідей, що одержуються. У сучасних умовах існує велика кількість програмно-апаратних комплексів для систем підтримки прийняття рішень, які дозволяють забезпечувати роботу таких систем на різних рівнях - від побутового (зазвичай рішення на основі модульних пристроїв) так і наукового або корпоративного (центри обробки даних та серверні системи) .

Доступність системи підтримки прийняття рішень – це здатність забезпечувати видачу відповідей на запити користувача у потрібній формі та у

потрібний час. Ця вимога має пряму залежність від попередньої вимоги (*Потужність*). У сучасному світі ми стаємо свідками того, що колосальні обчислювальні потужності вже доступні пересічним користувачам та дозволяють навіть на побутовому рівні застосовувати різні системи підтримки прийняття рішень (наприклад, системи навігації з можливістю прокладання маршрутів за заданими вимогами користувача в мобільних телефонах).

Гнучкість системи підтримки прийняття рішень характеризує можливість системи адаптуватися до змін потреб та ситуацій. Сучасні системи підтримки прийняття рішень, побудовані з використанням технологій нейронних мереж, показують приголомшливу здатність вирішувати величезну кількість найрізноманітніших завдань.

Надійність системи підтримки прийняття рішень означає здатність системи виконувати необхідні функції протягом заданого періоду часу, тобто є функцією кількості помилок (вище допустимого рівня) на одиницю часу.

Стійкість системи підтримки прийняття рішень означає ступінь її здатності до відновлення після помилок, що виникають як ззовні (як правило, у підсистемах прийому даних), так і всередині системи (неправильні алгоритми роботи). Наприклад, стійка система може припускатися помилок у вхідній інформації або мати певний рівень несправностей апаратних засобів. Хоча надійність і стійкість можуть бути пов'язані, це різні характеристики системи: система, яка не може відновитися після хибних ситуацій, може бути надійною, але не стійкою, а система з високою стійкістю, здатна відновлюватися і продовжувати роботу в різних помилкових ситуаціях, може вважатися ненадійною. оскільки вона не здатна заздалегідь виконувати необхідні процедури для усунення пошкоджень. Дещо спрощуючи ми можемо сказати, що надійність - це здатність не допускати помилки, а стійкість - здатність підтримувати працездатність після збоїв.

Керованість (здатність своєчасно та адекватно реагувати на запити користувача у процесі формування відповіді) системи підтримки прийняття рішень передбачає можливість користувача впливати на процес вирішення

завдань та втручатися у роботу системи. Це дозволяє адаптувати систему під свої потреби та переваги, а також забезпечує гнучкість та ефективність у прийнятті рішень.

1.3 Класифікація систем підтримки прийняття рішень

Вважається, що традиційні системи підтримки прийняття рішень включають два основних компоненти: сховища даних і аналітичних засобів обробки масивів даних. Сховище масиву даних надає єдине середовище зберігання корпоративних даних, зазвичай організованих у структурах, оптимізованих до виконання аналітичних операцій; воно забезпечує швидке виконання довільних аналітичних запитів. Найчастіше сховище масивів даних організовано як баз даних, що дозволяє організовувати впорядкування інформації, пошук та інші характерні для традиційних баз даних особливості. Разом з тим необхідно зазначити, що сховища масивів даних у системах підтримки прийняття рішень зазвичай виходять за рамки традиційних систем управління базами даних насамперед через колосальний обсяг інформації, яка в них зберігається, та вкрай високих вимог щодо швидкості доступу до цієї інформації. Аналітичні засоби дозволяють кінцевому користувачеві, який не має спеціальних знань в області інформаційних технологій, здійснювати навігацію і подання даних в термінах предметної області.

В основі знань знаходиться обсяг накопичених готових рішень: причинно-наслідкові зв'язки, висновки, правила, плани дій. Тобто база знань містить у собі готові правила подальшого прийняття рішень. Ситуаційна база даних містить дані про поточну ситуацію та необхідну додаткову інформацію. Система управління, забезпечуючи своєчасність прийняття рішень, концентрує увагу користувача найбільш важливих, з погляду загальної ситуації, завдань. Графік обробки інформації складається з урахуванням важливості завдань, проте не виключає обробку та фонових завдань. Очевидно, що величезні обсяги інформації сучасних систем підтримки

прийняття рішень (включаючи системи на основі штучного інтелекту) вимагають своєї роботи спеціалізованого програмно-апаратного забезпечення. Останні роки у всьому світі спостерігається величезне зростання інтересу до систем штучного інтелекту, що стало можливим з появою спеціалізованих пристроїв для роботи з такими більшими обсягами інформації.

Традиційна система підтримки прийняття рішень включає підсистему даних, що складається з двох ключових компонентів: власне бази даних (сховище інформації) і системи управління базою даних (інструмент для роботи з інформацією). База даних грає значну роль інформаційної технології підтримки прийняття рішень, оскільки надає доступом до масиву даних щодо розрахунків з допомогою математичних моделей. Ці системи отримують інформацію з управлінських та операційних інформаційних систем, що дозволяє забезпечувати підтримку процесу прийняття рішень.

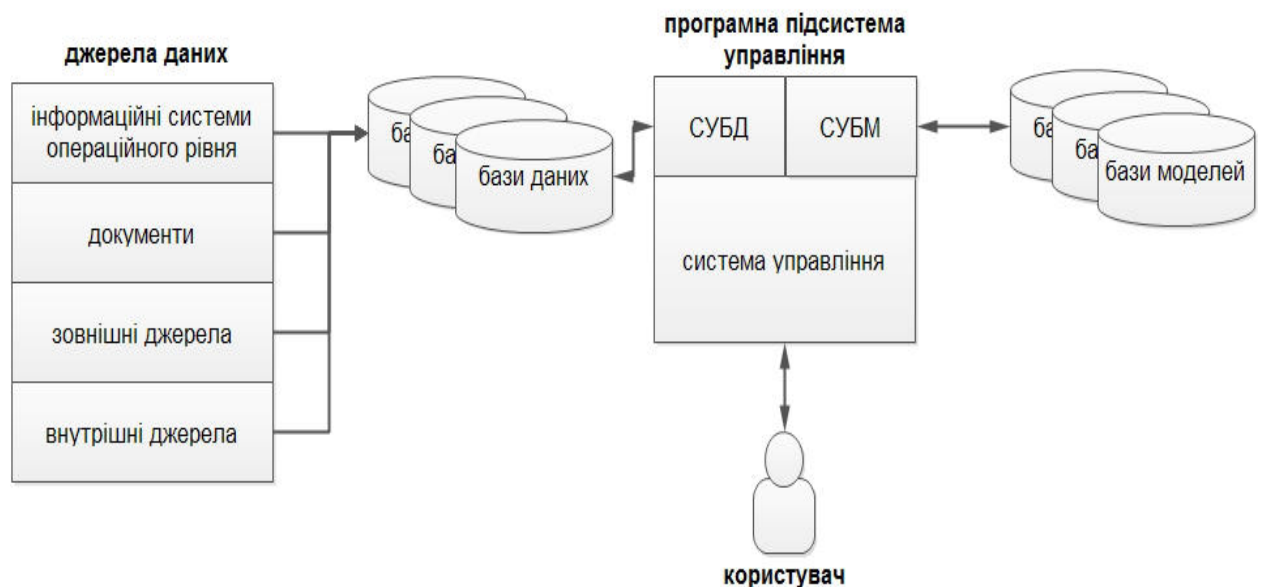


Рис.1.2 Основні компоненти інформаційної технології підтримки прийняття рішень

Кінцеві користувачі взаємодіють із базою даних через систему управління базами даних. Система управління базою даних являє собою програмне забезпечення, яке включає інструменти для роботи з мовами баз даних, такими як мова структурованих запитів SQL, і дозволяє створювати,

підтримувати цілісність і оновлювати базу даних, а також обробляти запити від прикладних програм користувачів, використовуючи певну технологію опрацювання інформації. Крім того, система управління базами даних забезпечує безпеку доступу до даних, розмежування прав користувачів та контроль змін у базі даних. Це гарантує надійність зберігання та захист конфіденційної інформації. Залежно від вимог і масштабу проекту можуть використовуватися різні типи системи управління базами даних, такі як реляційні (це система управління базами даних, яка будується на базі набору прямокутних таблиць та відносин між ними, наприклад, MySQL, InterBase або FireBird), об'єктно-реляційні (реляційна система управління базою даних, яка реалізує об'єктно-орієнтований підхід - Oracle Database), документоорієнтовані (система спеціально призначена для зберігання ієрархічних структур даних (документів) - CouchDB) та графові (це тип бази даних, який використовує графову модель для організації та зберігання даних - HyperGraphDB). Вибір конкретної системи управління базами даних залежить від специфіки завдань та вибору розробників чи замовників.

Для успішного та ефективного використання системи підтримки прийняття рішень щодо завдань обслуговування повітряного руху існує необхідність доступу інформації з ширшого діапазону джерел, ніж це передбачено у звичайних інформаційних системах. Інформація в таку систему підтримки прийняття рішень надходить від зовнішнього середовища (повітряні судна, транспортні засоби, суміжні диспетчерські пункти) та внутрішніх джерел (система планової інформації). Тому масив даних, відібраний з різних видів джерел оперативних даних, завантажується в реляційні таблиці, здатні підтримувати різні види аналізу та запитів, і оптимізується для тих видів інформації, в яких, як очікується, найчастіше використовуватимуться. Потім оброблені дані зберігаються для подальшого використання у системі підтримки прийняття рішень. Схема формування і використання сховища даних в системі підтримки прийняття рішень зображена на рисунку 1.3.

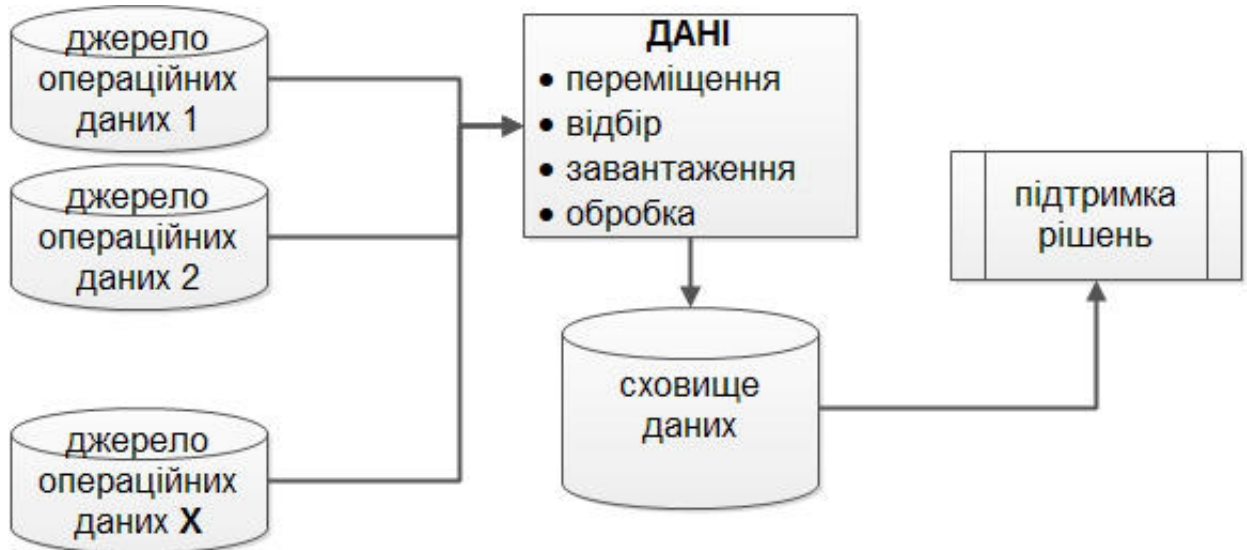


Рис.1.3 Схема формування і використання сховища даних в системі підтримки прийняття рішень

Як ми з'ясували у попередньому розділі нашої роботи, досі немає чіткого визначення систем підтримки прийняття рішень. Так само існує безліч різних класифікацій таких систем. Тому, логічно буде припустити, що існують різні класифікації даних систем. Розглянемо деякі з них:

1. Системи підтримки прийняття рішень діляться на види в залежності від типу даних, з якими вони мають працювати:

а) оперативні системи підтримки ухвалення рішень призначені для швидкого реагування на поточні ситуації. Вони аналізують інформацію в режимі реального часу та надають рекомендації для оптимального вирішення завдань.

б) стратегічні системи підтримки прийняття рішень використовують аналіз великого обсягу інформації з різних джерел, а також дані із систем, які зберігають інформацію про досвід вирішення проблем. Такі системи передбачають глибоку обробку даних, перетворених спеціальним чином зручності використання у процесі прийняття рішень.

2. Системи підтримки прийняття рішень можна розділити на концептуальному рівні таким чином:

а) Системи підтримки рішень, засновані на використанні моделей (Model-Driven DSS), відрізняються тим, що надають доступ до різних типів моделей, таких як статистичні, оптимізаційні та імітаційні. Статистичні моделі використовуються для аналізу та прогнозування даних, а також для визначення залежностей між змінними. Оптимізаційні моделі допомагають знайти найкращі варіанти рішень, враховуючи різні критерії та обмеження. Імітаційні моделі дозволяють моделювати поведінку системи або процесу в різних умовах та сценаріях, що допомагає оцінити можливі наслідки та ризики.

б) Системи підтримки прийняття рішень, керовані комунікацією (Communication-Driven DSS), призначені організації роботи групи користувачів, які одночасно працюють над рішенням спільної задачі.

в) Системи підтримки прийняття рішень, керовані даними (Data-Driven DSS), або системи, орієнтовані працювати з даними (Data-oriented DSS), переважно зосереджені доступі й маніпулюванні масивами даних.

г) Системи підтримки прийняття рішень, керовані документами (Document-Driven DSS), є спеціалізованими інформаційними системами, призначеними для обробки, пошуку та використання неструктурованої інформації, представленої в різних форматах. Вони дозволяють ефективно управляти, зберігати та аналізувати великі обсяги даних, представлених у вигляді текстових документів, електронних таблиць, зображень та мультимедійних файлів. Такі системи забезпечують можливість швидкого доступу до інформації, її структурування та класифікації, а також надають інструменти для спільної роботи та обміну знаннями між користувачами.

д) Системи підтримки прийняття рішень, керовані знаннями (Knowledge-Driven DSS), є інтелектуальними інформаційними системами, які використовують знання експертів і досвід для вирішення складних завдань і підтримки прийняття рішень. Ці системи працюють з фактами, правилами та процедурами, які описують закономірності та зв'язки між різними об'єктами та явищами. Правила визначають відносини між фактами та встановлюють

залежності між ними. Процедури являють собою алгоритми дій, які дозволяють перетворювати факти та правила на конкретні рішення чи рекомендації.

3. На технічному рівні розрізняють:

а) Системи підтримки прийняття рішень для всього підприємства – це потужний інструмент, який забезпечує доступ до великих обсягів інформації та дозволяє багатьом менеджерам компанії приймати обґрунтовані та ефективні рішення. Ці системи зазвичай підключені до великих сховищ даних, таких як ERP, CRM і BI, що дає можливість аналізувати інформацію з різних джерел і швидко отримувати потрібні дані для прийняття рішень. Настільні системи підтримки рішень призначені для індивідуального використання на одному комп'ютері користувача. Вони забезпечують доступ до необхідних інструментів та даних для аналізу та прийняття рішень у рамках повсякденних завдань, таких як управління підприємством, аналіз ринку, планування ресурсів та інші аспекти діяльності компанії. Інтеграція настільних систем підтримки прийняття рішень з іншими інформаційними системами підприємства, такими як ERP та CRM, дозволяє підвищити ефективність використання даних та покращити якість прийнятих рішень.

б) Настільна система підтримки прийняття рішень – це спеціалізоване програмне забезпечення, розроблене для допомоги користувачам у прийнятті обґрунтованих рішень на основі аналізу даних та надання інструментів для обробки інформації. Ця система призначена для індивідуального використання на одному комп'ютері та не розрахована на обслуговування кількох користувачів або роботу в мережі. Переваги настільних систем підтримки прийняття рішень включають: індивідуальний підхід до потреб користувача; простоту використання та налаштування; високий ступінь інтеграції з іншими додатками та програмами; можливість адаптації під конкретні завдання та вимоги користувача.

4. Залежно від складності завдань та сфери застосування системи підтримки прийняття рішень діляться на:

а) Системи підтримки прийняття рішень першого класу, які мають широким функціоналом, використовуються у вищих органах державного управління (наприклад, адміністрація глави держави, міністерства та відомства) та великих підприємствах та корпораціях (рада директорів) для розробки та реалізації масштабних державних або комплексних цільових програм. З їх допомогою приймаються рішення про включення різних політичних, соціальних та економічних заходів у програму та розподіл ресурсів між ними на основі оцінки їх впливу на досягнення основних цілей програми. Системи підтримки прийняття рішень такого класу є системами колективного користування, бази знань яких формуються цілими групами експертів високого рівня, які є фахівцями різних галузей знань.

б) Системи підтримки прийняття рішень другого класу - це індивідуальні інструменти, базу знань яких формує сам користувач у своїй професійній діяльності. Вони розраховані, перш за все, на державних службовців середньої ланки та керівників малих та середніх підприємств для надання допомоги у вирішенні поточних управлінських завдань.

в) Системи підтримки прийняття рішень третього класу – це індивідуальні інструменти, які адаптуються до попереднього досвіду взаємодії із запитами користувача. Вони призначені для вирішення поширених прикладних завдань системного аналізу та управління (наприклад, виконавця роботи, кандидата на посаду тощо). Ці системи пропонують варіанти вирішення поточних завдань на основі інформації про результати практичного використання аналогічних рішень у минулому.

5. Системи підтримки прийняття рішень можна розділити на наступні категорії в залежності від рівня прийнятих рішень:

а) пасивні системи підтримки прийняття рішень не пропонують конкретних варіантів рішень, лише допомагають користувачеві у процесі вибору. Вони збирають інформацію, аналізують дані та надають рекомендації, ґрунтуючись на наявних знаннях та досвіді. Однак остаточне рішення залишається за користувачем;

б) активні системи підтримки прийняття рішень допомагають користувачам у процесі вибору, а й здатні запропонувати можливі варіанти рішень. Вони аналізують дані, виявляють закономірності та пропонують альтернативні шляхи дій, ґрунтуючись на наявній інформації. Користувачеві залишається оцінити запропоновані варіанти та вибрати найбільш підходящий;

в) кооперативні системи підтримки прийняття рішень дозволяють користувачам взаємодіяти із системою, змінюючи, доповнюючи чи покращуючи запропоновані нею рішення. Користувачі після отримання рекомендацій системи можуть відправити свої коригування назад до системи для перевірки та обробки. Цей процес повторюється доти, доки знайдено узгоджене рішення, задовольняє всіх учасників процесу прийняття рішень.

Як видно з викладеного вище, існує велика кількість різних класифікацій систем підтримки прийняття рішень, заснованих на різних принципах та критеріях. Далі ми розглянемо функції, які можуть виконувати системи підтримки ухвалення рішень різних класів:

1. допомагають користувачам оцінити поточну ситуацію, визначити критерії вибору та оцінити їхню відносну значимість. Це дозволяє користувачам приймати обґрунтовані рішення, враховуючи різні фактори та переваги;

2. генерують набір готових можливих рішень чи сценаріїв дій;

3. аналізують та порівнюють різні сценарії дій чи рішень, враховуючи їх наслідки, ризики та переваги для вибору оптимального варіанту, який найкраще відповідає встановленим критеріям та вимогам. Під час процесу оцінки система підтримки прийняття рішень може використовувати методи математичного моделювання, експертні знання та дані з різних джерел;

4. забезпечують постійний збір, аналіз та обмін інформацією про обстановку прийнятих рішень та узгоджують рішення при роботі групи користувачів;

5. у випадках, коли є така можливість, проводять моделювання прийнятих рішень;
6. проводять динамічний комп'ютерний аналіз можливих результатів прийнятих рішень;
7. збирають інформацію про результати виконання прийнятих рішень та оцінюють отримані результати. Збір даних про результати реалізації прийнятих рішень включає в себе моніторинг та аналіз показників ефективності, порівняння фактичних результатів із запланованими, а також виявлення та усунення проблем та недоліків. Оцінка результатів передбачає визначення ступеня досягнення поставлених цілей, виявлення сильних та слабких сторін прийнятих рішень, а також визначення можливостей для покращення та коригування подальших дій.

У результаті, на основі представлених даних, можна зробити висновок, що автоматизація процесу управління повітряним рухом може зменшити робоче навантаження на авіадиспетчерів та підвищити роль розумових процесів оператора (у нашому випадку диспетчера управління повітряним рухом) при виконанні завдань з обслуговування повітряного руху. Слід зазначити, що термін "прийняття рішення" в авіаційній літературі і документах має цілком певний сенс і просторово-часове визначення. Щодо пілотів повітряних суден це ухвалення рішення на виліт, на виконання операцій на злітно-посадковій смузі при розгоні – про зліт повітряного судна, на кінцевій ділянці глісади – про посадку, при погіршенні метеорологічних умов нижче встановлених мінімумів – про зміну маршруту прямування або пункту призначення повітряного судна тощо. Щодо діяльності авіаційних диспетчерів – це ухвалення рішення про видачу екіпажу повітряного судна дозволів на виліт, запуск двигунів, маршрут руху при рулюванні тощо по всіх етапах польоту повітряного судна, особливо включаючи ситуації виникнення потенційно-конфліктних ситуацій, особливих випадків та особливих умов у польоті. Процес прийняття рішень пов'язаний з розумовою діяльністю авіадиспетчера, яка є когнітивною, оскільки відбувається на тлі високих

емоційних навантажень через дефіцит часу, високий соціальний контроль та напружену робочу обстановку. Більшість завдань, що вирішуються авіаційними диспетчерами в процесі професійної діяльності, вимагають прийняття швидких і правильних рішень в умовах жорстких обмежень, що накладаються правилами виконання польотів, льотно-технічними характеристиками повітряних суден, метеорологічною обстановкою, заборонами та обмеженнями в повітряному просторі та іншими факторами.

В даний час активно проводяться дослідження та розробки (у тому числі Міжнародною організацією цивільної авіації), спрямовані на широке використання систем підтримки прийняття рішень у роботі авіаційних диспетчерів у разі виникнення нестандартних ситуацій під час польоту (наприклад, процедури ASSIST які містять опис та рекомендації для дій авіаційного диспетчера у разі виникнення різних аварійних ситуацій з повітряними суднами). З одного боку, автоматизація керування повітряним рухом значно скорочує час, який потрібний авіадиспетчеру для виконання деяких простих завдань. Однак, з іншого боку, не можна заперечувати, що неможливо передбачити всі можливі сценарії розвитку нестандартної ситуації під час польоту та підготувати рекомендації на кожний варіант розвитку ситуації.

Масова інтеграція автоматизованих систем управління повітряним рухом та збільшення числа автоматизованих систем підтримки прийняття рішень призведуть до зниження обсягу початкових завдань, що вимагають оцінки та розрахунків, що, у свою чергу, зменшить кількість фахівців у галузі аналізу та обробки інформації. Однак, незважаючи на вдосконалення систем підтримки прийняття рішень, глобальна експлуатаційна концепція організації повітряного руху, представлена Міжнародною організацією цивільної авіації у документі 9854, передбачає, що у найближчі двадцять п'ять років авіадиспетчери залишаться основними учасниками процесу прийняття рішень під час аеронавігаційного обслуговування польотів.

1.4. Загрози при управлінні повітряним рухом

Для визначення «слабких місць» в сфері управління повітряним рухом, необхідно провести класифікацію загроз, які можуть прямо або побічно вплинути на появу помилок. Згідно з матеріалами циркуляру 314 "Контроль факторів загроз та помилок при управлінні повітряним рухом" Міжнародної організації цивільної авіації, загрози при управлінні повітряним рухом можуть бути розділені на наступні чотири широкі категорії:

- а) внутрішні загрози для постачальника обслуговування повітряного руху (air traffic service provider ATSP);
- б) зовнішні загрози для постачальника обслуговування повітряного руху (ATSP);
- в) загрози у повітрі (на борту повітряного судна); і
- г) погрози, пов'язані з навколишнім середовищем.

Найважливіше значення, при дослідженні нашої теми, мають саме перші дві категорії, а саме внутрішні загрози для постачальника обслуговування повітряного руху та зовнішні загрози для постачальника обслуговування повітряного руху. Тому їх розгляду слід приділити особливу увагу.

Насамперед ми розглянемо категорію внутрішніх загроз. Вона включає наступне:

- *Обладнання.* Конструктивні особливості обладнання в ряді випадків можуть створювати проблеми для авіадиспетчерів в процесі безпосереднього управління повітряним рухом. Несправності обладнання та його конструкція — це фактори, які авіадиспетчери повинні контролювати різною мірою в рамках своїх повсякденних завдань. Додатковим проблемам у цій галузі можна віднести зниження якості радіотелефонного зв'язку як з екіпажами повітряних суден, так і сусідніми центрами управління повітряним рухом або іншими користувачами. Введення даних в автоматизовану систему управління повітряним рухом може становити небезпеку, якщо система відхиляє необхідні дані, і авіадиспетчеру доводиться в режимі реального часу

з'ясовувати причини цього та виправляти ситуацію. Крім того, серйозну загрозу для керування повітряним рухом становить технічне обслуговування (планове або позапланове), яке може проводитися під час виконання звичайних операцій з керування повітряним рухом. Також існує ризик, пов'язаний з технічним обслуговуванням, який виникає лише після введення в дію обладнання, яке щойно пройшло обслуговування або налаштування технічним персоналом.

- *Фактори робочого місця.* Ця категорія загроз об'єднує такі чинники, як відблиски, відображення, температура в приміщенні, нерегульоване крісло, шумовий фон - тобто ті фактори, які можуть вплинути на роботу авіаційного диспетчера безпосередньо на його робочому місці. Робота диспетчера управління повітряним рухом ускладнюється в тих випадках, коли на екрані індикатора повітряної обстановки або інших індикаторів (системи організації зв'язку, метеорологічних моніторів та інших пристроїв) відображається світло від світильників приміщень. Авіадиспетчер, який перебуває на вищій командного диспетчерського пункту, може зазнавати труднощів при візуальному спостереженні за рухом повітряних суден в нічних умовах в разі відображення внутрішнього освітлення в вікнах вишки командного диспетчерського пункту. Високий рівень шумового фону (наприклад, від роботи вентиляторів, необхідних для охолодження обладнання) може ще більше ускладнити точне розуміння повідомлень від екіпажів повітряних суден чи суміжних диспетчерських пунктів, що надходять по каналах радіозв'язку.

- *Процедури.* Процедури, що регулюють процеси обслуговування повітряного руху (наприклад, авіаційні правила, інструкції з виробництва польотів, робочі інструкції авіадиспетчерів) у ряді випадків можуть створювати ризики для безпеки повітряного руху. Це стосується не тільки процедур, пов'язаних з повітряним рухом, але й процедур внутрішньої та зовнішньої комунікації та координації. Складні чи некоректні процедури можуть призвести до спрощення процесів (ненавмисного порушення правил) з

метою полегшення повітряного руху, але це також може спричинити помилки чи небажані ситуації. Фактор процедур може бути особливо виражений при введенні нових правил або помітній зміні існуючих.

- *Інші авіаційні диспетчери.* Сумежні авіадиспетчери сусідніх робочих місць з того ж таки центру управління повітряним рухом також можуть становити загрозу. Пропозиції щодо погодження завдань управління повітряним рухом (наприклад, координація входу та виходу повітряного судна до зони управління) можуть бути відхилені, наміри можуть бути неправильно зрозумілі або витлумачені, а внутрішня координація може бути недостатньою. Інші авіадиспетчери можуть бути зайняті виконанням завдань, не пов'язаних із безпосереднім керуванням повітряним рухом, відволікаючись від контролю динамічної обстановки. Суміжні авіадиспетчери можуть здійснювати управління повітряним рухом з недостатньою ефективністю, яка необхідна для забезпечення безпечного та впорядкованого руху повітряних суден у зонах відповідальності, що може вплинути на роботу авіадиспетчера, який у своєму секторі управління повітряним рухом працює з належною ефективністю. Варто зауважити, що у процесі навчання здобувачів вищої освіти (курсантів) на освітньо-професійній програмі "Обслуговування повітряного руху" на етапі практичної підготовки з використанням тренажерного комплексу управління повітряним рухом є завдання, пов'язані у тому числі з організацією взаємодії між авіадиспетчерами та іншими користувачами при роботі в диспетчерській зміні.

Після розгляду факторів зовнішніх загроз під час управління повітряним рухом ми переходимо до категорії внутрішніх загроз. До факторів зовнішніх загроз відносяться:

- *Планування аеропорту.* Організація та конфігурація льотного поля (конфігурація злітно-посадкової смуги, рульових доріжок та перонів) аеропорту можуть створювати проблеми для управління повітряним рухом, враховуючи особливості роботи диспетчерської вежі аеродрому. У невеликому аеропорту з однією короткою руліжною доріжкою, що з'єднує

стоянку повітряних суден з центром злітно-посадкової смуги, службі управління повітряним рухом необхідно координувати рулювання повітряних суден, що прибувають і вилітають, на зустрічних напрямках на злітно-посадковій смузі. Якщо руліжна доріжка розташована паралельно злітно-посадковій смузі з перетинами на обох кінцях і між ними, то необхідність організації зворотного руху повітряних суден по злітно-посадковій смузі відпадає. Деякі аеропорти можуть мати таку конфігурацію маршрутів рулювання, при якій повітряні судна можуть кілька разів перетинати маршрути рулювання інших повітряних суден або виїжджати на злітно-посадкові смуги.

- *Навігаційні засоби.* Несподіваний вихід з ладу навігаційних засобів забезпечення польотів (наприклад, внаслідок збоїв обладнання або необхідності позапланового проведення робіт з технічного обслуговування) можуть створити загрозу під час керування повітряним рухом, вносячи корективи до процедур (наприклад, мінімуми ешелонування повітряних суден) або створюючи перешкоди навігації. Іншим прикладом загроз цієї категорії є системи інструментальної посадки, як правило встановлені для обох напрямків однієї і тієї ж злітно-посадкової смуги. У звичайних умовах у будь-який даний час працює тільки одна система інструментальної посадки, тому при зміні робочого посадкового курсу злітно-посадкової смуги на зворотній система інструментальної посадки для цього курсу може виявитися ще не задіяною, хоча диспетчери вже дозволяють повітряним суднам захоплювати її курс.

- *Інфраструктура та структура повітряного простору.* Структура повітряного простору і класифікація повітряного простору, що використовується, можуть становити загрозу для управління повітряним рухом. Наявність заборон та обмежень у повітряному просторі може знизити пропускну спроможність сектора управління повітряним рухом. Тимчасові заборонені або небезпечні зони можуть стати джерелом небезпеки, якщо інформація про їхній статус передається диспетчерам неналежним чином. Забезпечення диспетчерського обслуговування в повітряному просторі класу

А менш схильні до ризиків у порівнянні з повітряним простором класу Е, де можуть виникати перешкоди від невідомих повітряних суден, що впливають на керування повітряним рухом авіадиспетчером.

- *Сусідні органи управління повітряним рухом.* Диспетчери сусідніх органів управління повітряним рухом можуть допускати помилки та неточності під час здійснення координації руху. Передача управління може бути правильно узгоджена, але з відхиленнями від узгоджених умов. Диспетчер сусіднього центру управління повітряним рухом може не погодитися із запропонованими нестандартними умовами передачі управління повітряним судном, у зв'язку з чим виникне необхідність пошуку та погодження іншого рішення. Сусідні центри можуть не мати можливості прийняти на управління ту кількість повітряних суден, яку їм хоче передати інший орган. До того ж, у диспетчерів секторів управління повітряним рухом, розташованим у різних державах, різних країн можуть виникати мовні труднощі.

Далі ми розглянемо категорію "загрози у повітрі" та загрози, пов'язані з навколишнім середовищем. Загрози в повітрі можна розділити на такі:

- *Загрозу з боку екіпажів повітряних суден.* Не знайомі з повітряним простором сектора керування повітряним рухом або аеропортом пілоти повітряних суден можуть створювати ризики для керування повітряним рухом. Вони можуть пропускати повідомлення органам управління повітряним рухом про необхідні маневри, наприклад, для обходу несприятливих погодних умов, що загрожує безпеці польотів. Також пілоти повітряних суден можуть забути повідомити про проходження контрольних точок та пунктів обов'язкових донесень, досягнення ешелону чи висоти польоту або підтвердити виконання дій, які згодом виявляться нездійсненими. У контексті контролю ризиків та помилок помилки пілотів повітряних суден можуть створювати загрози для керування повітряним рухом.

- *Льотно-технічні характеристики повітряних суден.* Диспетчери, що керують повітряним рухом, зазвичай знайомі з льотними та технічними характеристиками більшості типів та категорій повітряних суден, з якими вони працюють. Однак іноді ці характеристики можуть відрізнятись від очікуваних. Наприклад, деякі нові покоління повітряних суден з турбогвинтовими двигунами демонструють вищі початкові показники польоту після зльоту порівняно із середніми реактивними повітряними суднами. Швидкість польоту на заключному етапі заходу на посадку у повітряних суден наступних серій може бути значно вищою, ніж у попередніх моделей. Крім того, на реальні характеристики повітряних суден впливають технічний стан, завантаження, погодні умови та інші фактори. Якщо ці відмінності не будуть враховані, вони можуть спричинити загрозу для управління повітряним рухом.

- *Радіотелефонний зв'язок.* Факторами загрози для керування повітряним рухом є помилки, які допускають екіпажі повітряних суден при повторенні отриманих повідомлень та вказівок (аналогічним фактором ризику для екіпажів повітряних суден є помилки диспетчерів керування повітряним рухом під час приймання доповідей та повідомлень). Правила ведення радіозв'язку та стандартна фразеологія радіообміну розроблені для виявлення та виправлення таких помилок (що дозволяє уникнути ризику), проте на практиці в низці ситуацій як екіпажі повітряних суден, так і авіадиспетчери, змушені відходити від стандартної фразеології радіообміну. Зв'язок між пілотами повітряних суден та диспетчерами управління повітряним рухом може бути утруднений через мовні відмінності. Одним із способів запобігання подібним помилкам та порушенням є застосування ліній передачі даних між екіпажами повітряних суден та диспетчерами управління повітряним рухом (Controller-Pilot Data Link Communications). Ще одним видом ризику є проведення переговорів однією частоті двома мовами чи використання однієї частоти кількома органами управління повітряним рухом одночасно.

- *Повітряний рух.* Диспетчери управління повітряним рухом зазвичай знайомі з типовим трафіком повітряних суден у своїй зоні

відповідальності та стандартним порядком його обслуговування. Факторами ризику при обслуговуванні звичайного повітряного руху в зоні відповідальності є нерегулярні польоти, які зазвичай пов'язані з виконанням разових польотів на користь різних замовників (польоти відомчих повітряних суден, обльоти, повітряні екскурсії та польоти в зоні викиду парашутистів, наприклад) або польотів приватних повітряних суден. Також факторами ризику можуть бути польоти повітряних суден, які за часом значно відхилилися від плану польотів. Чим раніше диспетчер управління повітряним рухом отримає інформацію про додаткові польоти, тим більше у нього буде можливостей для ефективного управління цими факторами ризику.

Ще одним, вкрай важливим фактором загрози при управлінні повітряним рухом є фактор зовнішнього середовища, який ми зараз розглянемо

- *Метеорологічні умови.* Як показує практика та багаторічні спостереження, метеорологічні умови, тобто погода, є однією з основних загроз для всіх видів авіаційної діяльності, включаючи роботу органів управління повітряним рухом. Керувати факторами цієї загрози стає значно простіше, якщо знати поточний прогноз метеорологічних умов і прогноз хоча б на час зміни авіадиспетчерів. Наприклад, зміна напрямку вітру може вимагати зміни робочої злітно-посадкової смуги. Чим інтенсивніший рух, тим важливіше вибрати підходящий момент для зміни робочої злітно-посадкової смуги. Керівник польотів плануватиме зміну робочої злітно-посадкової смуги таким чином, щоб це відбувалося з найменшими порушеннями потоку повітряних суден. Управління повітряним рухом на повітряних трасах і знання специфічних погодних явищ для своєї зони відповідальності (наприклад, випадки фіксації, що повторюються, турбулентності ясного неба або зсуву вітру, зони утворення туманів і так далі) або різких змін метеорологічних умов (наприклад раптового погіршення аеродромах у період осінньо-зимової навігації), допоможуть диспетчерам управління повітряним рухом заздалегідь

прогнозувати заходи для запобігання потраплянню повітряних суден у небезпечні метеорологічні явища.

- *Географічні умови.* Фактори ризику для цієї категорії включають зону відповідальності диспетчера управління повітряним рухом. Менш очевидні фактори ризику можуть бути пов'язані з районами із щільною багатоповерховою забудовою, де польоти повітряних суден повинні здійснюватися на певній висоті або у певний час. У деяких аеропортах зміна робочої злітно-посадкової смуги повинна проводитись в обов'язковому порядку у встановленому часі.

РОЗДІЛ 2

КОНТРОЛЬ ФАКТОРІВ ЗАГРОЗ І ПОМИЛОК

У нашій роботі ми плануємо спиратися на концепцію контролю загроз та помилок при управлінні повітряним рухом, яка описана у Циркулярі 314 Міжнародної організації цивільної авіації, який був опублікований у 2008 році, але його зміст все ще є актуальним. Контроль факторів загроз та помилок є концепцією забезпечення безпеки польотів, пов'язаною з безпекою польотів та працездатністю людини-оператора. Ця концепція не є революційною ідеєю і її формування відбувалося поступово на тлі постійного прагнення підвищити рівень безпеки польотів за допомогою повнішого впровадження у практичну діяльність знань про людський чинник.

Основною метою впровадження концепції контролю загроз та помилок для спеціалістів з організації повітряного руху та диспетчерів повітряного руху є підвищення рівня безпеки та ефективності польотів. Це стає можливим завдяки створенню зрозумілої та наочної системи керування, яка враховує особливості експлуатації. Введення контролю загроз та помилок має ще одну важливу мету — створення фундаменту для розробки та застосування механізму управління безпекою польотів у нормальних умовах роботи. Цей механізм має бути інтегрований у систему забезпечення безпеки польотів під час керування повітряним рухом. Такий підхід дозволить забезпечити більш високий рівень безпеки польотів, оскільки він буде ґрунтуватися на глибокому розумінні та контролі факторів, що впливають на безпеку польотів. Це допоможе запобігти можливим помилкам та збоям у роботі, пов'язаним з людським фактором, який є причиною понад 80 відсотків авіаційних подій згідно з даними Міжнародної організації цивільної авіації, та підвищити ефективність управління повітряним рухом. Цей механізм був названий «Обстеження стану безпеки польотів при роботі в нормальних умовах» (NOSS).

2.1 Концепція контролю факторів загроз і помилок

Концепція контролю факторів загроз та помилок — це концептуальна теоретична модель, метою якої є пояснити взаємозв'язок між безпекою польотів та ефективністю роботи людини-оператора у складних умовах експлуатації.

Структура, яка використовується для контролю загроз та помилок дозволяє забезпечувати одночасний аналіз експлуатаційних умов та операторів (у нашому випадку диспетчерів управління повітряним рухом), які виконують свої професійні завдання у цих умовах. Концепція контролю чинників загроз і помилок має описовий характер і є інструментом для аналізу як здібностей людини-оператора, і ефективності роботи системи. Описовий характер концепції контролю чинників загроз та помилок пояснюється її здатністю визначати індивідуальні здібності людини-оператора та ефективність системи у стандартних робочих умовах, що дозволяє створити точний опис. Діагностичний характер концепції контролю загроз і помилок пояснюється тим, що вона дозволяє кількісно (тобто висловити в числових значеннях, що дуже зручно для аналізу) оцінити складність експлуатаційних умов виробничої діяльності та описати, як ці умови впливають на працездатність людини-оператора і як, В свою чергу, людина-оператор впливає на функціонування системи.

Існує кілька способів застосування концепції контролю загроз та помилок. Застосування концепції контролю загроз і помилок можливе як щодо однієї події (авіаційної події чи інциденту) як засобу аналізу стану безпеки польотів так і як засіб визначення системних закономірностей у великій кількості подій, наприклад, при проведенні експлуатаційних перевірок. Так само концепція контролю загроз та помилок може використовуватися і як засіб визначення ліцензійних вимог та власне ліцензування, оскільки вона дозволяє визначити вимоги до характеристик працездатності людини-оператора та визначити її переваги та недоліки, що

дозволяє сформулювати кваліфікаційні вимоги до людини-оператора у перспективі управління безпекою польотів. Таким чином, ми можемо зробити висновок, що концепція контролю загроз та помилок може застосовуватися для проведення професійного навчання операторів безпосередньо на робочих місцях. Крім того, концепцію контролю загроз і помилок можна використовувати як засіб для формування інформаційних вимог до організації навчання, сприяючи тим самим відповідній організації підвищити актуальність навчальних заходів, що проводяться нею, і, як наслідок, підвищити ефективність профілактичних заходів організаційного характеру. Додатково концепція контролю загроз та помилок може використовуватися з метою проведення навчання фахівців з контролю якості, які відповідають за оцінку експлуатації коштів у рамках проведення сертифікаційних заходів.

Спочатку концепція контролю загроз та помилок розроблялася з метою її застосування щодо кабінних екіпажів повітряних суден. Але її гнучкість і універсальність дозволяє проектувати її тези різні сфери діяльності у рамках авіаційної галузі, зокрема і підприємства з обслуговування повітряного руху.

Не слід забувати, що при застосуванні концепції контролю загроз та помилок дуже важливо враховувати інтереси кінцевого користувача. З урахуванням того, хто використовує концепцію контролю загроз та помилок (оперативний персонал, керівники середньої ланки, старші керівники, співробітники відділу виробництва польотів, відділу технічного обслуговування або служби управління повітряним рухом), може знадобитися певна корекція та адаптація відповідних визначень. З урахуванням тематики нашого дослідження та спрямованості його на подальше практичне використання у процесі навчання авіаційних диспетчерів, ми будемо приділяти основну увагу умовам, у яких відбувається безпосереднє управління повітряним рухом, та відповідні питання розглядати з точки зору застосування концепції контролю загроз та помилок диспетчерами управління повітряним рухом.

2.2 Компоненти концепції контролю загроз і помилок

Щодо професійної діяльності авіадиспетчерів концепція контролю факторів загроз та помилок складається із трьох основних компонентів, які описують три стадії розвитку потенційно-конфліктних ситуацій при управлінні повітряним рухом, а саме стадія загрози, стадія помилки та стадія небажаного стану. Відповідно до цієї концепції контролю факторів загроз та помилок, саме загрози та помилки є стадіями розвитку потенційно-конфліктної ситуації та природно частиною повсякденної діяльності цивільної авіації, з якими мають справлятися диспетчери управління повітряним рухом, оскільки загрози та помилки можуть спровокувати виникнення небажаних станів (конфліктних ситуацій чи порушень встановлених інтервалів ешелонування повітряних суден). Авіадиспетчери повинні вміти контролювати виникнення та розвиток небажаних станів (конфліктних ситуацій між повітряними суднами), оскільки вони можуть спричинити небезпечні наслідки. Контроль небажаних станів (конфліктних ситуацій) є одним із основних компонентів концепції контролю загроз та помилок та має таке ж значення, як контроль факторів загроз та помилок (потенційно-конфліктних ситуацій). Вміння контролювати та вирішувати (тобто уникати розвитку в негативний бік) небажаних станів (конфліктних ситуацій) характеризує професійні якості диспетчера управління повітряним рухом у можливості дій у стресовій ситуації в умовах дефіциту часу та значною мірою характеризує здатність уникнути небезпечних наслідків та забезпечити витримування допустимого безпеки польотів при управлінні повітряним рухом. Далі ми розглянемо характеристики трьох стадій розвитку ситуацій із застосуванням концепції контролю загроз та помилок стосовно управління повітряним рухом. Першою стадією є стадія загрози, яку ми розглянемо цю стадію докладніше.

Загрози.

Загрози, згідно з концепцією контролю факторів загроз та помилок при управлінні повітряним рухом, є подіями або помилками, що виникають поза сферою впливу диспетчера управління повітряним рухом, які можуть ускладнити умови експлуатації та повинні підлягати контролю з метою дотримання допустимого рівня безпеки польотів. При виконанні стандартних операцій з управління повітряним рухом авіадиспетчерам доводиться враховувати різні фактори, що ускладнюють процес, щоб впоратися із завданням управління повітряним рухом. До таких факторів необхідно віднести безліч факторів, наприклад метеорологічні умови та небезпечні явища погоди, наявність перешкод або географічні особливості сектора управління повітряним рухом, структуру та завантаженість повітряного простору, наявність заборон та обмежень на використання повітряного простору, технічний стан повітряних суден, а також помилки, які можуть здійснювати екіпажі повітряних суден, співробітники служб технічного забезпечення польотів, диспетчера управління повітряним рухом як у складі зміни так і суміжних диспетчерських пунктів та багатьох інших факторів. Концепція контролю загроз та помилок такі складності розглядає як загрози, оскільки вони можуть вплинути на рівень безпеки польотів.

Можна припустити наявність певних загроз, оскільки диспетчер управління повітряним рухом поінформований про них і може прогнозувати їхнє виникнення. Наприклад, щоб спрогнозувати необхідність зміни робочої злітно-посадкової смуги або напрямку її використання, диспетчер управління повітряним рухом використовуватиме інформацію з фактичної погоди та її прогнозу.

Деякі з погроз заздалегідь спрогнозувати неможливо і вони можуть з'являтися раптово. Наприклад, екіпажі повітряних суден можуть неправильно виконати або взагалі не виконати вказівки диспетчера управління повітряним рухом, що може бути наслідком неправильного розуміння екіпажами повітряних суден вказівок авіадиспетчера або проблем

зі зв'язком. У таких ситуаціях диспетчер управління повітряним рухом повинні застосовувати свої знання та навички, отримані в процесі підготовки, а саме контролювати виконання екіпажами повітряних суден виконання вказівок та, у разі потреби, своєчасно реагувати на такі ситуації для успішного вирішення ситуації.

Незалежно від характеру загрози (передбачуваної чи несподіваної), здатність диспетчера управління повітряним рухом успішно вирішувати виникаючі загрози визначається його вмінням визначати та класифікувати загрози своєчасно та реагувати на них, вживаючи необхідних заходів.

У концепції контролю загроз та помилок передбачено, що загрози вважаються реальними (їх не можна запобігти), а їхні наслідки є лише можливими, тобто неминучими. Прикладом такої ситуації може бути несправність обладнання. Імовірність того, що основне чи додаткове обладнання може вийти з ладу або стане недоступним під час планового технічного обслуговування, вважатиметься реальною (фактичною) загрозою. У прикладі, що розглядається, відмінність полягає в потенційних наслідках і тих заходах, які має вжити диспетчер повітряного руху для усунення такої загрози. Якщо основний компонент обладнання виходить з ладу несподівано, то можливі наслідки можуть бути значно серйознішими і вимагатимуть значно серйозніших заходів для усунення наслідків, ніж якщо резервна система не працює через технічне обслуговування і її можливий збій може бути прогнозований і заздалегідь могли бути підготовлені контрзаходи. У кожному можливому випадку диспетчери управління повітряним рухом можуть вживати різних заходів (наприклад, перехід з використання радіолокаційного ешелонування на процедурне ешелонування, якщо радіолокаційне обладнання несподівано вийде з ладу, або підготовка до роботи без резервної системи). У тому випадку, якщо загроза (у наведеному випадку це втрата засобів забезпечення радіолокаційного спостереження) виявляється в скоєних авіадиспетчером помилках і порушенні норм ешелонування, має місце небажаний стан, що виник у результаті

неправильного контролю факторів загроз і помилок. У такій ситуації диспетчер управління повітряним рухом змушений перемикає увагу з загроз та помилок (передумов до виникнення потенційно-конфліктних ситуацій) на контроль небажаного стану (тобто вже фактично конфліктної ситуації). Сенс полягає в тому, що концепція контролю факторів загроз та помилок ґрунтується на принципі контролю (тобто спостереження) загроз та помилок, а не на їх попередженні чи усуненні. Це означає, що експлуатаційний персонал повинен бути готовий до роботи з можливими загрозами та помилками, а також мати механізми для їх контролю та мінімізації негативних наслідків у разі їх виникнення. Такий підхід дозволяє забезпечити безпеку та надійність роботи систем та персоналу, оскільки дозволяє адаптуватися до непередбачених ситуацій та ефективно управляти ризиками. Таким чином, контроль загроз та помилок стає ключовим елементом у забезпеченні безпеки та стабільності функціонування систем та процесів. Незалежно від заходів, які вживаються для усунення загрози та ступеня самої загрози, диспетчери управління повітряним рухом можуть лише контролювати можливі наслідки, використовуючи стратегію вжиття необхідних контрзаходів. Визначення терміна "загроза" має на увазі використання наступного принципу: "Події ..., що виникають поза сферою впливу диспетчера управління повітряним рухом, ... які повинні контролюватися..". Основна ідея, що лежить в основі концепції контролю загроз та помилок, полягає в тому, що загрози є невід'ємною частиною складних робочих умов (у тому числі в процесі обслуговування повітряного руху), і ця концепція фокусується на контролі факторів загроз, а не на їх запобіганні або усуненні.

Необхідно враховувати, що приховані загрози пов'язані з ергономічними недоліками конструкції обладнання, які можуть виникати через невідповідність оптимальним процедурам та організаційним факторам. Хоча ці загрози не завжди виявляються одразу, вони все одно існують і можуть призвести до серйозних наслідків під час роботи. Приклади таких

загроз включають проблеми в конструкції обладнання, які виявляються під час використання рідкісних системних функцій, таких як резервні режими роботи або режими з погіршеними характеристиками. Ці проблеми стають очевидними тільки при переході системи в певний режим, що в реальній діяльності відбувається не часто або може не відбуватися протягом дуже великого періоду часу. Диспетчери управління повітряним рухом не мають можливості уникнути незадовільних планів або невдало розроблених процедур (наприклад, описаних у робочих інструкціях авіадиспетчерів) або усунути їх (керівництво має таку можливість, і саме в цьому полягає сенс обстеження стану безпеки польотів під час роботи в нормальних умовах (NOSS). Незалежно від того, наскільки авіадиспетчери очікують виникнення загрози, вони можуть лише вживати заходів протидії з метою контролю небезпечних факторів, які несуть такі загрози.

Контроль факторів загрози є складовою системи контролю помилок та небажаних станів. Аналіз сучасних даних про роботу кабінних екіпажів показує, що неправильні дії щодо контролю факторів загроз і помилок під час проведення польоту повітряного судна зазвичай безпосередньо пов'язані з помилками екіпажів повітряних суден, які у свою чергу найчастіше пов'язані з небажаними станами. Однак далеко не завжди можливо швидко встановити пряму залежність або однозначний зв'язок між загрозами, помилками та небажаними станами, що робить взаємозв'язок "загроза-помилка-небажаний стан" не очевидним і його виявлення вимагає глибокого аналізу. Можна сказати, що в концепції контролю факторів загроз і помилок мають місце бути два важливих застереження:

- у певних випадках загрози можуть безпосередньо переходити до небажаних станів, минаючи стадію виникнення помилок;
- експлуатаційний персонал може випадково помилитися, навіть якщо не спостерігаються ніякі загрози.

Необхідно враховувати й та обставина, що з появи деяких видів загроз перехід у стадію виникнення помилок чи небажаних станів може дати людині-оператору реальної можливості контролювати чинники цих загроз.

Вважається, що застосування концепції контролю факторів загроз є таким підходом до підтримки допустимого рівня безпеки польотів при управлінні повітряним рухом за допомогою зведення нанівець ситуацій, що загрожують безпеці польотів, який орієнтований на попередження виникнення подібних ситуацій. Диспетчери управління повітряним рухом, що виконують завдання контролю факторів загроз, є безпосередньою лінією захисту в питаннях зниження впливу загроз при управлінні повітряним рухом. Далі ми розглянемо наступну стадію розвитку ситуації у концепції контролю факторів загроз та помилок, а саме помилки

Помилки.

У циркулярі 314 Міжнародної організації цивільної авіації дається таке визначення помилки: "дія або бездіяльність диспетчера управління повітряним рухом, що приводить до відхилення від організаційно обумовлених, або планованих або очікуваних диспетчером управління повітряним рухом результатів". Неконтрольований розвиток або неправильна інтерпретація виникаючих помилок (стосовно нашої ситуації це виникнення потенційно-конфліктної ситуації при управлінні повітряним рухом) в більшості випадків може призвести до їх переходу в стадію небажаних станів (конфліктна ситуація або порушення встановлених інтервалів ешелонування повітря). Тому в ситуації, коли диспетчер управління повітряним рухом допускає в умовах експлуатації помилки, це веде до зниження рівнів безпеки польотів та підвищення ймовірності виникнення небажаного стану.

Помилки можуть виникати як без прямого зв'язку з подіями, що відбуваються, і виникаючими погрозами, так і в результаті безпосередніх погроз або ж бути частиною цілого ряду попередніх помилок. У процесі безпосереднього управління повітряним рухом авіадиспетчером прикладами

таких помилок можуть бути: відсутність реакції на неправильне повторення необхідної інформації пілотом повітряного судна; видача дозволу повітряному судну або транспортному засобу на використання злітно-посадкової смуги, яка вже зайнята іншим повітряним судном; помилки при введенні інформації або виборі функцій під час роботи з автоматизованою системою керування повітряним рухом тощо.

Незалежно від помилки, її вплив на безпеку польотів визначається тим, чи зможе диспетчер управління повітряним рухом своєчасно помітити цю помилку та вжити необхідних дій, щоб запобігти виникненню небажаного стану або, якщо це не вдасться, несприятливих наслідків. Таким чином, одна з головних цілей системи контролю факторів загроз і помилок полягає у здатності керувати помилками (тобто своєчасно виявляти та впізнавати помилки та вживати відповідних дій для їх усунення), а не лише у визначенні причин помилок (тобто встановленні зв'язків та вжиття заходів)). З точки зору безпеки польотів можна вважати, що ті помилки, які були виявлені та усунуті вчасно (тобто під контролем), а також ті помилки, що не призвели до виникнення небажаних станів або не знизили рівень безпеки польотів під час управління повітряним рухом, не мають суттєвого значення з експлуатаційної точки зору. Крім очевидної переваги для забезпечення належного рівня безпеки польотів, здатність диспетчера керування повітряним рухом своєчасно та правильно виявляти та усувати помилки характеризує такого оператора як фахівця високого професійного рівня та має важливе значення як з точки зору накопичення досвіду у процесі роботи, так і під час навчання.

Контроль над помилками має таке ж значення, якщо не більше, ніж визначення видів помилок, що найчастіше зустрічаються. Важливо враховувати, хто і коли виявляє помилки, які заходи вживаються після цього та які наслідки виникнення цих помилок. Деякі помилки при управлінні повітряним рухом виявляються швидко і у авіадиспетчера не виникає складнощів з їх усуненням, тому вони не становлять серйозної проблеми.

Однак інші помилки, які можна назвати прихованими чи не явними, вимагають набагато більшого часу для виявлення та вибору методів їх вирішення. Прикладами таких помилок можна назвати розвиток потенційно-конфліктних ситуацій, у яких повітряні судна рухаються на зустрічних курсах та у змінному профілі польоту (тобто у наборі висоти чи зниженні). Неконтрольованою помилкою вважається така, що може призвести до виникнення іншої помилки чи небажаної ситуації або посилює їх.

Для визначення категорій помилок у рамках концепції контролю факторів загроз та помилок застосовується принцип «первісної взаємодії». Ця концепція включає три основні категорії помилок:

- помилки управління обладнанням,
- помилки процедур,
- помилки зв'язку.

В рамках контролю факторів загроз та помилок концепція визначає класифікацію помилок на основі первинної взаємодії диспетчера управління повітряним рухом у момент їх виникнення. Таким чином, помилка може стосуватися категорії помилок керування обладнанням, якщо авіадиспетчер неправильно взаємодіє з ним (наприклад, через органи управління, автоматизовані функції або автоматизовану систему управління повітряним рухом). Помилка відноситься до категорії процедурних, коли диспетчер управління повітряним рухом неправильно або несвоєчасно застосовує певні процедури (наприклад, виконання контрольних карток, стандартні експлуатаційні процедури (SOP) тощо). Помилки зв'язку виникають при взаємодії авіадиспетчера з іншими учасниками повітряного руху, такими як пілоти повітряних суден, водії транспортних засобів, наземний персонал, інші авіадиспетчери тощо.

Треба мати на увазі, що ці три основні категорії помилок не є взаємовиключними та вичерпними. Диспетчери управління повітряним рухом, що використовують нестандартну фразеологію радіообміну при передачі вказівок екіпажам повітряних суден, можуть вважатися такими, що

вчинили процедурні помилки і так помилки зв'язку. Помилки управління обладнанням, процедурні помилки та помилки зв'язку можуть бути як ненавмисними, так і пов'язаними з навмисним недотриманням правил через обставини, що склалися, або ж недисциплінованості авіафахівця. Таким чином, кваліфікаційні аспекти (недостатньо відпрацьовані практичні навички, прогалини в теоретичних знаннях та недоліки загальної підготовки) можуть виникати у всіх трьох категоріях помилок. У межах концепції контролю чинників загроз та помилок навмисне порушення правил і недоліки кваліфікації розглядаються не як окремі категорії помилок, бо як підкласи трьох основних категорій. Для спрощення цього підходу та зосередження уваги на зборі та аналізі даних про безпеку польотів класифікація помилок у рамках цієї концепції обмежується трьома основними категоріями експлуатаційних помилок високого рівня. Далі ми розглянемо останню, але дуже важливу категорію у межах аналізованої концепції контролю чинників загроз і помилок, саме небажані стани.

Небажані стани.

Небажані стани виникають, коли непередбачені обставини під час виконання польотів повітряних суден призводять до зниження рівня безпеки польотів. Виникнення таких ситуацій пов'язане з недостатнім контролем над факторами загроз або помилками, що може поставити під загрозу виконання польоту повітряного судна та знижує рівень безпеки польотів під час керування повітряним рухом. Такі ситуації часто розглядаються як останній етап перед інцидентами чи пригодами, тому диспетчери управління повітряним рухом мають контролювати їх. До прикладів небажаних станів можна віднести ситуацію з належать набором висоти або зниженням повітряного судна до ешелону польоту або висотою, який зайнятий іншим повітряним судном, або зміною курсу повітряного судна в напрямку, протилежному запланованому або зазначеному. Такі події, як несправність бортового або наземного обладнання або помилка екіпажу повітряного

судна, можуть призвести до зниження рівня безпеки польотів при керуванні повітряним рухом. Однозначно такі події сприймаються як загроза. Небажані стани необхідно ефективно контролювати і таким чином відновлювати граничний рівень безпеки польотів, при цьому необхідно прагнути до того, щоб дії диспетчера управління повітряним рухом з парування загрози чи небажаного стану не провокували виникнення нових помилок чи небажаних станів.

У процесі професійного навчання на етапах теоретичної та особливо практичної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом необхідно особливу увагу приділити питанням своєчасного переходу від контролю факторів загроз та помилок до безпосереднього втручання у ситуацію для запобігання появі небажаного стану, не забуваючи при цьому акцентуватись на питанні правильного розподілу пріоритетів активних дій. Прикладом може бути ситуація в якій після помилкового введення командних даних в автоматизованій системі управління повітряним рухом (із застосуванням лінії передачі даних диспетчер-пілот CPDLC) встановлено, що повітряне судно набрало висоту до іншого, не запропонованого йому ешелону польоту (небажаний стан), то диспетчер управління повітряним рухом має приділити першорядну увагу рішенням потенційно конфліктної ситуації (контроль небажаного стану), а не виправленню введених в автоматизовану систему даних (контроль помилки).

Також важливо розуміти різницю між небажаними станами та наслідками з погляду професійного навчання та практичної підготовки. Небажаний стан – це проміжний стан між нормальним робочим станом (наприклад, набір висоти повітряним судном) та результатом. У той час як результат — це кінцевий стан, який зазвичай потребує сповіщення (наприклад, інциденти та авіаційна подія). Прикладом може бути ситуація, в якій повітряному судну, що набирає задану висоту (нормальний робочий стан), дається новий дозвіл на зайняття іншої висоти (ешелону польоту). Пілот повітряного судна неправильно повторює параметри нової команди

(задану висоту або ешелон польоту), що перевищує задану авіадиспетчером, а диспетчер управління повітряним рухом не зумів виявити неправильне повторення виданої ним вказівки та, відповідно, неправильне розуміння команди екіпажем повітряного судна. Тому повітряне судно набирає неправильну висоту (небажаний стан), що може призвести до порушення норм ешелонування (наслідку) та конфліктних ситуацій з іншими повітряними суднами. Розуміння відмінностей між небажаними станами та наслідками, до яких призводить виникнення небажаних станів, має велике значення для підготовки авіадиспетчерів та вжиття ефективних заходів щодо парування небажаних станів. На етапі знаходження ситуації у стадії небажаного стану диспетчер управління повітряним рухом має у своєму розпорядженні можливість за допомогою вжиття відповідних оперативних заходів контролю факторів загроз та помилок відновити ситуацію та повернутися до нормального робочого стану, забезпечуючи тим самим необхідний рівень безпеки польотів. Після того, як небажаний стан переходить у слідство (тобто настає факт порушення встановлених норм, фактично авіаційна пригода чи інцидент), ми отримуємо ситуацію в якій необхідний (граничнодопустимий) рівень безпеки польотів буде порушений. У цьому випадку диспетчеру управління повітряним рухом доведеться парувати розвиток результату небажаного стану (наприклад порушення встановлених норм ешелонування повітряних суден), щоб не допустити його розвитку до більш серйозних наслідків (небезпечного зближення, тобто зближення на дистанцію менше половини встановленої норми ешелонування, або безпосередньої загрози зіткнення повітряних суден).

2.3 Контроль загроз і помилок при управлінні повітряним рухом

Крім загальної теорії, що розкриває сутність концепції контролю факторів загроз та помилок, особливу увагу в Циркулярі 314 Міжнародної організації цивільної авіації приділено саме контролю зазначених факторів

під час управління повітряним рухом. У рамках своєї повсякденної професійної діяльності диспетчери управління повітряним рухом повинні бути здатні вживати заходів, спрямованих на запобігання зниженню рівня безпеки польотів через можливі загрози, помилки та нестандартні ситуації. До таких заходів відносяться контрольні карти дій (наприклад ASSIST при виникненні особливих випадків у польоті повітряних суден), інструктажі (планові, перед змінні, на робочому місці авіадиспетчера), стандартні операційні процедури, описані в керівних документах, а також індивідуальні стратегії та тактики диспетчера управління повітряним рухом. Примітно, що згідно з результатами спостережень, екіпажі повітряних суден приділяють значну кількість часу та зусиль заходам щодо безпеки під час польоту. Дослідження показують, що понад 70 відсотків робочого часу екіпажі повітряних суден присвячують діям, пов'язаним із протидією небезпечним ситуаціям. Логічним було припустити, що аналогічна ситуація спостерігається і в процесі управління повітряним рухом.

Важливо мати на увазі, що серед заходів протидії загрозам та небажаним станам крім дій диспетчера управління повітряним рухом є ще ціла низка допоміжних механізмів реалізації таких заходів. Деякі заходи протидії, що вживаються щодо загроз, помилок та небажаних станів, з якими доводиться стикатися диспетчерам управління повітряним рухом, ґрунтуються на "стійких", або апаратних (тобто реалізованих у вигляді готових комплексів пристроїв) ресурсах, що надаються авіаційною транспортною системою. Ці ресурси вже включені до контурів систем до того, як диспетчер управління повітряним рухом приступає до виконання своїх посадових обов'язків, і тому їх вважають заходами протидії, які ґрунтуються на системних принципах. Далі ми перерахуємо деякі із системних "стійких" ресурсів, які використовуються диспетчерами управління повітряним рухом як заходи протидії виникненню небажаних станів:

а) система попередження про мінімальну безпечну висоту (Minimum safe altitude warning - MSAW). Це наземна система забезпечення безпеки польотів, призначена для попередження диспетчера управління повітряним рухом про підвищений ризик аварій у процесі керованого польоту на місцевості шляхом своєчасного сповіщення про близькість повітряного судна до місцевості чи перешкод;

б) система короткострокового попередження про конфліктну ситуацію (Short-term conflict alert - STCA). Це наземна система забезпечення безпеки польотів, покликана допомогти диспетчеру управління повітряним рухом запобігти зіткненню між повітряними суднами, своєчасно надаючи оповіщення про потенційне чи фактичне порушення встановлених мінімумів ешелонування;

в) стандартні експлуатаційні процедури (Standard Operating Procedures - SOP). Це встановлені правила, в яких авіаційному персоналу, пов'язаному з виробництвом польотів, надаються рекомендації щодо безпечних, ефективних, логічно передбачуваних способів їх виконання.;

г) інструктажі - планові, позапланові, перед зміною, на робочому місці тощо;

д) професійна підготовка, як первинна у навчальних закладах, так і постійна (підтримка та підвищення кваліфікації) у процесі роботи.

Інші заходи протидії спрямовані на облік людського чинника у забезпеченні безпеки управління повітряним рухом. Вони включають індивідуальні стратегічні та тактичні підходи, а також індивідуальні та колективні методи протидії, засновані на загальних навичках, знаннях і вміннях, отриманих у процесі навчання особливостям людської праці і, особливо, при освоєнні програми оптимізації групової роботи (Team Resource Management - TRM). Team Resource Management – це стратегії для оптимального використання всіх доступних ресурсів – інформації, обладнання та людей – з метою оптимізації безпеки та ефективності служби

управління повітряним рухом. В основному розглядаються такі чотири категорії індивідуальних та колективних заходів протидії:

а) колективні заходи протидії: керівництво і середовище взаємодії, що має велике значення для інформаційного потоку і участі в роботі членів колективу;

б) планування заходів протидії: планування, підготовка, інструктажі, організація дій в надзвичайній ситуації, що має велике значення для контролю передбачуваних і непередбачуваних загроз;

с) вжиття заходів протидії: контроль або перехресна перевірка, візуальний пошук, контроль стрипів польотної інформації, контроль робочого навантаження і автоматики, що дуже важливо для виявлення помилок і реакції на них;

д) перегляд або зміна заходів протидії: оцінка планів, опитування, що дуже важливо для управління організації роботи зміни в умовах, що змінюються.

Оптимальний контроль факторів загроз та помилок при управлінні повітряним рухом є поєднанням системних та індивідуальних заходів захисту. Ця концепція спрямована на забезпечення належного рівня безпеки польотів диспетчерами управління повітряним рухом, які працюють у режимі реального часу та реальних умовах. Її перевага полягає у можливості використання як для профілактики, так і для аналізу минулих ситуацій на рівні окремих співробітників, організацій або цілих систем.

В ідеальних умовах стандартна робоча зміна диспетчерів управління повітряним рухом має працювати з дотриманням таких основних принципів:

а) Диспетчер управління повітряним рухом приступає до виконання своїх службних обов'язків до офіційного початку роботи своєї зміни. Він знайомиться з добре складеним і зрозумілим матеріалом щоденного інструктажу. Перед тим як зайняти робоче місце, взявши на себе управління, яке передається колегією, диспетчер управління повітряним рухом отримує від керівника органу управління повітряним рухом останню інформацію про

метеорологічну обстановку на даний день, а також зведення про технічний стан обладнання управління повітряним рухом.

б) Після підключення гарнітури до призначеного йому робочого місця диспетчер управління повітряним рухом витрачає кілька хвилин на те, щоб прослухати радіообмін, що ведеться колегою, якого він замінює, з екіпажами повітряних суден, що знаходяться у нього на управлінні. Потім диспетчер управління повітряним рухом показує своєму колезі, що він готовий прийняти управління, і тому колега коротко викладає йому майбутні завдання і короткострокові домовленості, які діють на цей час з сусідніми робочими місцями диспетчерів управління повітряним рухом.

с) Після того як диспетчер управління повітряним рухом бере на себе управління на даному робочому місці і починає вести зв'язок з повітряними судами, його колега залишається на своєму місці на кілька хвилин, з тим щоб забезпечити плавну передачу управління і нічого не забути. Після того як обидва диспетчера переконаються в тому, що все в порядку, колега йде на перерву для відпочинку.

д) В ході робочої зміни погода залишається гарною, відповідно до прогнозу, а вітер дме в тому напрямку, який повністю сумісний з використовуваними злітно-посадковими смугами. Робота обладнання управління повітряним рухом не супроводжується якими-небудь технічними проблемами і на цей день не заплановано проведення робіт з технічного обслуговування.

е) Потік повітряного руху досить складний, щоб диспетчер управління повітряним рухом був зайнятий роботою, не відчуваючи при цьому перевантаження. У ході робочої зміни виникає кілька складних ситуацій з повітряним рухом, проте диспетчер управління повітряним рухом в змозі вирішити їх за допомогою видачі своєчасних і конкретних вказівок зацікавленим пілотам, які здійснюють повномасштабну взаємодію з метою забезпечення безпечного, своєчасного і швидкого потоку повітряного руху.

f) Через півтори години змінник повертається на робоче місце, з тим щоб прийняти управління від цього диспетчера управління повітряним рухом. Колега слухає переговори по каналах зв'язку і контролює повітряну обстановку, після чого він повідомляє про свою готовність прийняти на себе управління. Диспетчер управління повітряним рухом дозволяє колезі взяти на себе відповідальність за управління повітряним рухом, але при цьому залишається на його боці на кілька хвилин, щоб передати йому найостанніші домовленості з диспетчерами на інших робочих місцях і повідомити про завдання, які ще не вирішені. Після того як він переконується, що його колега не відчуває проблем на своєму робочому місці, диспетчер управління повітряним рухом залишає робоче приміщення і йде на перерву.

q) Після першої перерви диспетчер управління повітряним рухом проводить два додаткових сеанси роботи на різних робочих місцях. Повітряна ситуація складна, але все ще піддається контролю. Відповідно до прогнозу погода залишається відмінною, і будь-які технічні проблеми відсутні.

Проте ідеальних умов не існує, в зв'язку з чим нижче викладено, як робоча зміна може протікати в реальній обстановці:

a) Диспетчер управління повітряним рухом приступає до роботи в точно визначений час. Після приходу в диспетчерський зал диспетчер управління повітряним рухом прямо направляється до робочого місця, на якому він має намір працювати. Диспетчер управління повітряним рухом ледь має часу для того, щоб поглянути на повітряну обстановку і підключитися до того як його колега покине своє робоче місце.

b) Повітряна обстановка складна і досить відрізняється від тієї, яку хотів би бачити диспетчер управління повітряним рухом. Диспетчер управління повітряним рухом витрачає деякий час на відповідні налаштування обладнання та виявляє, що він може задіяти не всі функції автоматизованої системи. Потім він зв'язується з сусіднім робочим місцем з метою домовитися про передачу управління рухом одного конкретного

повітряного судна, а у відповідь дізнається, що з колегою укладена тимчасова домовленість, яка охоплює всі аналогічні випадки передачі управління протягом наступних двох годин.

с) Метеослужба передбачила погіршення погоди, проте диспетчер управління повітряним рухом не обізнаний про це, оскільки перед тим, як зайняти своє робоче місце, він не переглянув прогноз погоди. В результаті зміна метеорологічних умов стала несподіванкою, і диспетчеру довелося працювати з повною віддачею, в той час як він пристосовувався до нових обставин.

д) Після двох годин напруженої і складної повітряної обстановки диспетчер управління повітряним рухом змінюється своїм колегою, який підключає гарнітуру і каже, що він з цього моменту бере на себе відповідальність за роботу на даному робочому місці. Диспетчер управління повітряним рухом негайно йде, щоб відпочити, перед тим, як знову зайняти робоче місце через 15 хвилин.

е) У наступний період диспетчер управління повітряним рухом працює на робочому місці з малим об'ємом повітряного руху. Внаслідок відволікання уваги диспетчер управління повітряним рухом пропускає кілька важливих викликів на зв'язок, що надійшли від екіпажів повітряних суден, і відповідає тільки на їх повторні виклики.

Крім того, колегам доводиться нагадувати цьому диспетчеру управління повітряним рухом, що йому необхідно передати повітряним судам вказівку про перехід на частоти їх секторів, проте, безумовно, він справляється з цим завданням так, що передає цю вказівку задовго до того, як повітряні судна підходять до кордону сектора управління повітряним рухом.

ф) Після наступної короткої перерви, в ході якої диспетчеру управління повітряним рухом довелося терміново зайнятися оформленням декількох документів, він повертається на робоче місце зі складною повітряною обстановкою і високою інтенсивністю руху. У той час як він зайнятий інтенсивним радіообміном з повітряними суднами і зв'язком з іншими

диспетчерами, приходять технік і просять дозволу приступити до перевірки резервних каналів радіозв'язку відповідно до розкладу робіт з технічного обслуговування. Оскільки дана робота проводиться відповідно до графіка, очевидно затвердженим керівництвом, диспетчер управління повітряним рухом неохоче погоджується. З'являються ще два техніки і приступають до роботи на устаткуванні, що знаходиться поруч з даними диспетчером управління повітряним рухом, в той час як він займається управлінням повітряним рухом

g) Потім диспетчер управління повітряним рухом зауважує, що радіостанції працюють неналежним чином. Він просить техніків призупинити роботу і задіяти аварійну радіостанцію. Кілька секунд йде на те, щоб обрати відповідні частоти, але в результаті диспетчер може відновити зв'язок з цієї радіостанції з повітряними судами. В ході всіх цих подій відмова зв'язку не позначилася на управлінні повітряним рухом і ешелонування не було порушено. Техніки усувають причину відмови радіозв'язку, і через кілька хвилин диспетчер управління повітряним рухом знову може вести зв'язок в звичайному режимі.

Більшості діючих диспетчерів управління повітряним рухом простіше розпізнати другий з двох сценаріїв, представлених вище. Крім того, іншим особам буде легше побачити різницю між двома цими сценаріями і, по всій видимості, перший сценарій менш близький до реальності, ніж другий. Однак є одна обставина, яка не відразу стає очевидною і якій, можливо, не надається достатньо серйозне значення. Ця обставина полягає в тому, що навіть у другому сценарії відбувається дуже мало подій (якщо такі взагалі відбуваються), про які, цілком ймовірно, буде повідомлено в рамках звичайних систем надання інформації про безпеку польотів. Іншими словами, більшість, якщо не всі організації, що займаються обслуговуванням повітряного руху, розглядатимуть другий сценарій як нормальну робочу зміну. У цьому сценарії вже присутні кілька елементів, які можуть негативно позначитися на безпеці польотів, особливо в тих випадках, коли диспетчер

управління повітряним рухом не контролює їх належним чином. У концепції контролю загроз і помилок такими елементами є загрози.

Загрози при управлінні повітряним рухом можуть бути розділені на наступні чотири широкі категорії (табл. 2.1.):

1. внутрішні загрози для постачальника обслуговування повітряного руху (ATSP);
2. зовнішні загрози для постачальника обслуговування повітряного руху (ATSP);
3. загрози в повітрі (на борту повітряного судна); і
4. загрози, пов'язані з навколишнім середовищем.

Ці чотири категорії можуть бути поділені на інші категорії в тому вигляді, як вони представлені нижче в якості прикладу. Знання цих загроз буде сприяти прийняттю як окремими особами, так і організаціями заходів протидії, спрямованих на підтримку граничного рівня безпеки польотів в процесі звичайного управління повітряним рухом.

Таблиця 2.1

Категорії загроз при управлінні повітряним рухом

Внутрішні загрози для ATSP	Зовнішні загрози для ATSP	Загрози у повітрі	Загрози, пов'язані з довкіллям
Устаткування	Планування аеропорту	Пілоти	Погода
Чинники робочого місця	Навігаційні засоби	Льотно-технічні характеристики повітряного судна	Географічні умови
Процедури	Інфраструктура/конфігурація повітряного простору	Радіотелефонний зв'язок	
Інші диспетчери	Сусідні органи управління повітряним рухом	Повітряний рух	

РОЗДІЛ 3

СИСТЕМА ВИДАЧІ РЕКОМЕНДАЦІЙ ПРИ ВИРІШЕННІ ПОТЕНЦІЙНО-КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ

Основним завданням нашої роботи є розробка моделі системи підтримки прийняття рішень для диспетчерів управління повітряним рухом на основі тез концепції контролю факторів загроз та помилок (Циркуляр 314 Міжнародної організації цивільної авіації). У попередніх розділах нашої роботи ми докладно вивчили питання побудови систем підтримки прийняття рішень та концепцію контролю факторів загроз і помилок при управлінні повітряним рухом. У цьому розділі ми плануємо розробити модель системи підтримки рішень для авіадиспетчерів. І першим кроком стане завдання з'ясувати, яким чином відбувається прийняття рішень диспетчером управління повітряним рухом при парируванні потенційно-конфліктних ситуацій між повітряними суднами.

3.1 Аналіз процесу рішення потенційно-конфліктної ситуації авіадиспетчером

Для проведення аналізу процесу прийняття рішень диспетчером управління повітряним рухом під час парування потенційно-конфліктних ситуацій ми насамперед вирішили провести декомпозицію цього процесу. Декомпозиція - це науковий метод, заснований на структурі задачі, який полягає в поділі вихідної задачі на безліч приватних завдань, які є взаємопов'язаними та більш простими (порівняно з вихідним завданням) і у своїй сукупності вирішують вихідну проблему. Іншими словами декомпозиція дозволяє розділити процес на безліч дрібних підпроцесів і отримати рішення вихідної задачі як сукупність рішень підзадач, що входять до її складу.

Процес декомпозиції дозволяє розглядати будь-яку систему, що вивчається як складну структуру, що складається з взаємопов'язаних підсистем, які, у свою чергу, теж можуть бути розділені на частини. Для цілей нашого дослідження цінним є те, що як система можуть виступати не тільки матеріальні об'єкти, а й процеси, явища та концепції.

Для визначення переходу ситуації в небажаний стан внаслідок помилкових або несвоєчасних дій та бездіяльності диспетчера управління повітряним рухом пропонується розглянути ситуацію з виникненням потенційно конфліктної ситуації як один із варіантів небажаного стану системи забезпечення безпеки польотів. Як ключовий метод використовується системний підхід. Елементи, які виконуються в ході аналізу процесу виявлення та вирішення потенційно-конфліктної ситуації, показані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Елементи рішення потенційно-конфліктної ситуації

№	Найменування	Опис
1	Виявлення потенційно-конфліктної ситуації	Визначити наявність потенційно-конфліктної ситуації та виявити повітряні судна, що беруть участь в ній
2	Класифікація потенційно-конфліктної ситуації	Визначити тип потенційно-конфліктної ситуації для вибору методу рішення
3	Визначення методів вирішення потенційно-конфліктної ситуації	Обрати метод рішення потенційно-конфліктної ситуації
4	Процедури вирішення потенційно-конфліктної ситуації	Виконати необхідні операції, згідно обраного методу
5	Парирування потенційно-конфліктної ситуації повітряними суднами	Виконання екіпажами повітряних суден вказівок щодо запобігання конфліктної ситуації
6	Відстеження розвитку ситуації	Моніторинг виконання вказівок

Для визначення часу, необхідного для виконання кожного елемента процедури парирування потенційно-конфліктної ситуації, ми скористалися результатами експертного опитування, проведеного раніше. Як експерти виступали діючі диспетчери управління повітряним рухом структурних підрозділів державного підприємства з обслуговування повітряного простору України "Украерорух" та співробітники тренажерного центру управління повітряним рухом Льотної академії Національного авіаційного університету.

Загалом в опитуванні взяло участь понад 60 експертів. Результати експертного опитування показані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

**Час, що витрачається авіадиспетчером на виконання елементів
вирішення потенційно-конфліктної ситуації**

№	Найменування	мінімум	максимум	Середнє
1	Виявлення потенційно-конфліктної ситуації	1	1	1
2	Класифікація потенційно-конфліктної ситуації	0,5	1	0,6
3	Визначення методів вирішення потенційно-конфліктної ситуації	3	8	5
4	Виконання процедури вирішення потенційно-конфліктної ситуації	7	20	12
5	Парирування потенційно-конфліктної ситуації з боку повітряних суден	45	75	60
6	Відстеження розвитку ситуації	45	75	60

Примітка: Слід зазначити, що час на парирування потенційно-конфліктної ситуації і час на відстеження розвитку ситуації є однаковим, так як обидві ці події відбуваються одночасно.

У ході експертного дослідження та після аналізу отриманих даних елементи вирішення потенційних конфліктів, пов'язаних з виявленням, класифікацією та визначенням методів вирішення потенційно конфліктних ситуацій (пункти 1–3 таблиці 3.2), були об'єднані в один спільний елемент під назвою «Роздільна здатність потенційно конфліктної ситуації» (пункт 1

таблиці 3.3). Це стало можливим, оскільки не завжди вдавалося визначити час для виконання кожного окремого елемента, проте вдалося розрахувати загальний час для виконання всіх трьох елементів у кожному випадку.

Також у процесі роботи з експертами та аналізу самого процесу ми з'ясували, що загальний час на виконання всіх елементів процедури парирування потенційно-конфліктної ситуації залежить від кількох факторів, які ми перерахуємо:

- метод, якій обрано для вирішення потенційно-конфліктної ситуації. Залежно від класу потенційно-конфліктної ситуації та часу, що залишився на її вирішення, диспетчеру управління повітряним рухом доводиться вибирати різні методи (зміна курсу, висоти, швидкості та вертикальної швидкості руху повітряного судна) як для одного повітряного судна, що бере участь у потенційно-конфліктній ситуації, так і для обох повітряних суден одночасно;
- час реакції екіпажу повітряного судна на отримані вказівки. Час реакції екіпажів повітряних суден залежить від кількох причин: кваліфікації пілотів повітряного судна, рівня володіння мовою ведення радіообміну як у екіпажу, так і у диспетчера управління повітряним рухом та іншими факторами, що входять до категорії людського фактора;
- час інерції повітряного судна. Залежно від льотно-технічних характеристик, технічного стану та завантаження повітряного судна, виконання однієї й тієї ж операції (наприклад виконання набору висоти) може займати різний час. Також цей показник впливає поточне просторове становище і тенденції руху повітряного судна (наприклад перехід від горизонтального польоту до набору висоти вимагатиме менше часу проти переходу до набору висоти від поточної операції зниження);
- час виконання повітряним судном заданих екіпажем операцій. У тих випадках, коли при виконанні обраного диспетчером керування повітряним рухом методу парирування потенційно-конфліктної ситуації екіпажу повітряного судна доводиться виконувати кілька послідовних

операцій (наприклад екіпажем повітряного судна отримано команду на зниження та зміну курсу), це займе більше часу порівняно з методами парування, які включають одну операцію (команда від диспетчера управління повітряним рухом тільки на зміну курсу польоту).

Таблиця 3.3

**Час, що витрачається авіадиспетчером на виконання елементів
вирішення потенційно-конфліктної ситуації**

№	Найменування	мінімум	максимум	середнє
1	Рішення потенційно-конфліктної ситуації	4,5	10	6,6
2	Процедури вирішення потенційно-конфліктної ситуації	7	20	13,5
3	Парирування потенційно-конфліктної ситуації	45	105	60
4	Відстеження розвитку ситуації	45	75	60

Таким чином, слід враховувати, що час парирування потенційно-конфліктної ситуації є важко прогнозованою величиною. В результаті аналізу даних, отриманих у процесі багаторазового виконання вправ на моделювальному комплексі роботи авіадиспетчера, що дозволяє змодельовати роботу диспетчера радіолокаційного контролю, було визначено, що середній час на парирування потенційно-конфліктних ситуацій становить 68 секунд.

Використовуючи дані, отримані в результаті експертного опитування, ми змогли визначити час, який витрачає диспетчер управління повітряним рухом на парирування однієї потенційно-конфліктної ситуації:

$$T_{pk} = T_r + T_p + T_c = 6,6 + 13,5 + 68 = 88,1 \text{ сек}$$

де:

T_{pk} загальний час на парирування потенційно-конфліктної ситуації;

T_r час на вирішення потенційно-конфліктної ситуації;

T_p час на виконання процедур обраного авіадиспетчером методу вирішення потенційно-конфліктної ситуації;

T_c час необхідний екіпажу повітряного судна на виконання вказівок диспетчера управління повітряним рухом.

Для визначення часу, необхідного на парирування кількох потенційно-конфліктних ситуацій, пропонується використовувати наступний метод:

- час, що витрачається диспетчером управління повітряним рухом на вирішення потенційно-конфліктної ситуації і на процедури вирішення потенційно-конфліктної ситуації залежить від загальної кількості потенційно-конфліктної ситуації;
- парирування потенційно-конфліктної ситуації екіпажами повітряних суден може відбуватися одночасно з процедурами, які виконує диспетчером управління повітряним рухом;
- відстеження розвитку ситуації після видачі диспетчером управління повітряним рухом вказівок екіпажам повітряних суден відбувається під час виконання інших процедур.

Важливо пам'ятати, що при врегулюванні кількох потенційно-конфліктних ситуацій, що розвиваються одночасно, диспетчеру управління повітряним рухом потрібно більше часу для прийняття вірного рішення щодо кожної окремої потенційно-конфліктної ситуації. Для обліку цього моменту вводиться коефіцієнт збільшення потрібного часу K_n , який застосовується до величини T_r . Підсумкова формула виявлення часу, необхідного для вирішення декількох потенційно-конфліктних ситуацій матиме такий вигляд:

$$T_{pkn} = (T_r * K_n + T_p) * n + T_c$$

де:

T_{pk} загальний час на парирування потенційно-конфліктної ситуації;

T_r час на вирішення потенційно-конфліктної ситуації;

T_p час на виконання процедур вирішення потенційно-конфліктної ситуації;

T_c час необхідний екіпажу повітряного судна на виконання вказівок диспетчера;

n кількість потенційно-конфліктних ситуацій, що розвиваються одночасно;

K_n коефіцієнт збільшення потрібного часу.

В результаті проведених експериментів за участю 4 експертів, величина коефіцієнта збільшення потрібного часу K_n була прийнята рівною 1,6. Наприклад, для трьох потенційно-конфліктних ситуацій час, необхідний на вирішення цих конфліктних ситуацій дорівнюватиме:

$$T_{pkn} = (6.6 * 1.6 + 13.5) * 3 + 60 = 132.18 \text{ сек.}$$

У таблиці 3.4 наведені значення T_{pkn} для випадків від 2 до 10 потенційно-конфліктних ситуацій, що розвиваються одночасно. У реальній діяльності диспетчерів управління повітряним рухом ситуація, в якій розвивається одночасно 10 потенційно-конфліктних ситуацій, є неймовірною, але для проведення експериментів із застосуванням моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера, який дозволяє створювати вправи з необмеженою кількістю повітряних суден на управлінні та необмеженою кількістю ситуацій, таке припущення цілком можливе.

З розрахунків видно, що мінімальний потрібний час на рішення однієї потенційно-конфліктної ситуації становить 88,1 секунди. Для забезпечення необхідного «буферу» при розрахунку моменту, коли успішне вирішення потенційно-конфліктної ситуації неможливо з погляду своєчасності прийняття рішень, тобто час, що залишився до розрахункового моменту початку потенційно-конфліктних ситуацій менший, ніж потрібний час, пропонується використовувати величину, рівну мінімальному потрібному часу на рішення потенційно-конфліктної ситуації. Ми вважаємо, що слід зауважити, що до складу моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера входить модуль прогнозування потенційно-конфліктних ситуацій, який дозволяє точно визначити час до переходу потенційно-конфліктної ситуації в конфліктну (тобто порушення встановлених мінімумів ешелонування).

Робота модуля прогнозування потенційно-конфліктних ситуацій побудована на моделі випереджального моделювання, яка дозволяє зробити прорахунок розвитку динамічної повітряної обстановки на задану глибину прогнозування.

Таблиця 3.4

Час, необхідний на рішення декількох потенційно-конфліктних ситуацій

№	кількість ПКС	необхідний час, сек.
1	2	108,12
2	3	132,18
3	4	156,24
4	5	180,3
5	6	204,36
6	7	228,42
7	8	252,48
8	9	276,54
9	10	300,6

У результаті, формула розрахунку необхідного часу рішення n-ої кількості потенційно-конфліктних ситуацій приймає наступний вигляд:

$$T_{pkn} = T_{pm} + (T_r * K_n + T_p) * n + T_c$$

где:

T_{pkn} загальний час на парирування потенційно-конфліктних ситуацій;

T_{pm} мінімальний потрібний час вирішення однієї потенційно-конфліктної ситуації;

T_r час на вирішення потенційно-конфліктної ситуації;

T_p час на виконання процедур вирішення потенційно-конфліктної ситуації;

T_c час необхідний екіпажу повітряного судна на виконання вказівок диспетчера;

n кількість прогнозованих потенційно-конфліктних ситуацій;

K_n коефіцієнт збільшення потрібного часу.

У таблиці 3.5 наведені значення загального часу на парирування потенційно-конфліктних ситуацій T_{pkn} для випадків від 2 до 10 потенційно-конфліктних ситуацій з урахуванням буферного мінімального потрібного часу рішення потенційно-конфліктної ситуації.

Розглянувши концепцію контролю загроз і помилок стосовно поставленої в нашої роботі задачі - визначення своєчасності прийняття рішень при вирішенні потенційно-конфліктних ситуацій при управлінні повітряним рухом, була розроблена класифікація етапів розвитку конфліктної ситуації, показана в таблиці 3.5.

Розглянемо докладніше цю класифікацію.

- Загроза виникнення конфліктної ситуації є першим етапом розвитку потенційно-конфліктної ситуації в порушенні встановлених інтервалів ешелонування. Загроза виникає з того моменту, коли час, що залишився до виникнення конфліктної ситуації, такий самий як і час, необхідний на виконання всіх елементів вирішення потенційно-конфліктної ситуації з урахуванням необхідного буферного запасу часу. Розрахункові значення часу загрози виникнення конфліктної ситуації наведені в таблиці 3.4.

- Передконфліктна ситуація є другим етапом розвитку потенційно-конфліктної ситуації в порушенні встановлених інтервалів ешелонування. Передконфліктна ситуація виникає з того моменту, коли час, що залишився до виникнення конфліктної ситуації, такий самий як і час, необхідний на виконання всіх елементів вирішення потенційно-конфліктної ситуації без урахування необхідного буферного запасу часу. У такій ситуації порушення встановлених інтервалів ешелонування ще не настало, але ймовірність

вирішення ситуації вкрай мала. Розрахункові значення часу загрози виникнення конфліктної ситуації наведені в таблиці 3.3.

- Конфліктна ситуація є крайнім етапом, тобто настає порушення встановлених інтервалів ешелонування.

Таблиця 3.5

Необхідний час на вирішення потенційно-конфліктних ситуацій з урахуванням буферного мінімального часу рішення потенційно-конфліктної ситуації

№	Кількість ПКС	Необхідний час, сек.
1	2	196,22
2	3	220,28
3	4	244,34
4	5	268,4
5	6	292,46
6	7	316,52
7	8	340,58
8	9	364,64
9	10	388,7

З наведеної класифікації видно, що для визначення своєчасності прийняття рішень при вирішенні потенційно-конфліктних ситуацій необхідно визначити перехід поточної ситуації до етапу загрози виникнення конфліктної ситуації і етапу передконфліктної ситуації. Етап загрози слід розглядати як попередження, що необхідно негайно вжити заходів щодо вирішення потенційно-конфліктної ситуації. Передконфліктний етап показує, що уникнути виникнення конфліктної ситуації важко або неможливо. Виведення інформації про виникнення цих етапів дозволить диспетчеру, якого навчають, звернути увагу на необхідність вжиття заходів щодо вирішення потенційно-конфліктної ситуації. Для підвищення ефекту

пропонується дублювати цю інформацію даними про ті повітряні судна, між якими прогнозується потенційно-конфліктної ситуації.

Для інструктора (викладача) така інформація допоможе звернути увагу здобувача вищої освіти на необхідність вжиття заходів щодо вирішення потенційно-конфліктної ситуації. При проведенні групових занять така інформація підкаже інструкторові, який учень не справляється з поставленим завданням.

Таблиця 3.6

Класифікація розвитку конфліктної ситуації по параметру своєчасності

№	Класифікація за концепцією контролю загроз та помилок	Класифікація по своєчасності	Опис
1	Загроза	Загроза виникнення конфліктної ситуації	Зафіксована потенційно-конфліктна ситуація, яка потребує вирішення
2	Помилка	<u>Передконфліктна</u> ситуація	Парирування потенційно-конфліктної ситуації не можливо або вкрай ускладнене
3	Небажаний стан	Конфліктна ситуація	Порушення встановлених інтервалів ешелонування

Однією зі важливих складових частин модуля автоматичного виявлення порушень у режимі реального часу виконання вправ в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера є система виявлення порушень встановлених інтервалів горизонтального і вертикального ешелонування, яка працює відповідно до заздалегідь введених параметрів ешелонування, що залежать від застосовуваних правил польотів та класу сектору управління повітряним рухом. Завданням цієї системи є можливість

прогнозування повітряної ситуації. Ця мета була досягнута шляхом впровадження системи випереджаючого моделювання.

Система випереджуючого моделювання застосовує принцип послідовного розрахунку розвитку динамічної повітряної обстановки за умови відсутності додаткових вказівок з боку диспетчера управління повітряним рухом на весь час прогнозування розвитку динамічної повітряної ситуації. Простіше кажучи, система випереджаючого моделювання прораховує, як розвиватиметься динамічна повітряна обстановка з урахуванням запланованих маршрутів руху повітряних суден у горизонтальній та вертикальній площинах та виконання екіпажами повітряних суден раніше виданих вказівок від диспетчера управління повітряним рухом, але за умови відсутності нових вказівок від авіадиспетчера. До переваг цієї системи можна віднести:

- Максимально можлива точність виявлення потенційних порушень інтервалів ешелонування, що пов'язано з тим фактом, що система має абсолютно точну інформацію про параметри руху повітряних суден. У реальній діяльності така можливість відсутня, оскільки отримати точну телеметрію руху всіх повітряних суден на даний час неможливо;
- Точне прогнозування часу виникнення конфліктної ситуації. Стандартні параметри системи випереджаючого моделювання налаштовані таким чином, що вона здійснює послідовний розрахунок параметрів динамічної повітряної обстановки з частотою оновлення інформації при моделюванні (стандартно 1 секунда). Це дає можливість з урахуванням раніше описаних можливостей щодо точності моделювання динамічної повітряної обстановки, точно прогнозувати (а точніше вираховувати) події, пов'язані з порушенням встановлених інтервалів ешелонування.;
- Відносно мала ресурсомісткість системи при проведенні прогнозування.

До складу вищезгаданої системи підтримки прийняття рішень моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера входять наступні підсистеми:

1. Індикація потенційно-конфліктних ситуацій на екрані індикатора відображення динамічної повітряної ситуації.
2. Багаторівнева система видачі рекомендацій. До її функцій відносяться:
 - Виявлення потенційно конфліктної ситуації;
 - Виявлення конкретної пари повітряних суден, між якими прогнозується конфлікт;
 - Визначення типу потенційно конфліктної ситуації.

Інформація об'єктно-орієнтованої системи зберігання інформації про динамічну повітряну обстановку, що відображається на індикаторі відображення динамічної повітряної ситуації, з регулярністю в 1 сек. ($T = 1$ сек), та передається в модуль автоматичного виявлення порушень встановлених інтервалів ешелонування, де відбувається виявлення потенційно-конфліктних ситуацій. Потім, враховуючи параметри руху повітряних суден і їх взаємне розташування, визначається тип потенційно-конфліктної ситуації. Після того, як система визначила тип потенційно-конфліктної ситуації, ця інформація надходить в модуль побудови зони безпеки повітряного судна. У моделювальному комплексі роботи авіадиспетчера зона безпеки створюється відповідно до вимог нормативних документів (Авіаційних правил України) щодо дотримання інтервалів поздовжнього, бокового та вертикального ешелонування. Розмір цієї зони залежить від структури повітряного простору та взаємного розташування повітряних суден, котрим проводиться розрахунок. Наприклад, розмір зони безпеки у вертикальному вимірі має значення допуск повітряного судна для польотів із застосуванням скорочених мінімумів вертикального ешелонування (Reduced vertical separation minima - RVSM).

Зона безпеки визначається на основі вектора руху повітряного судна у кожний момент часу, коли розраховується взаємне розташування інших повітряних суден. Якщо повітряне судно потрапляє до зони безпеки іншого повітряного судна, це вважається порушенням інтервалів ешелонування та реєструється як порушення за критерієм безпеки польотів.

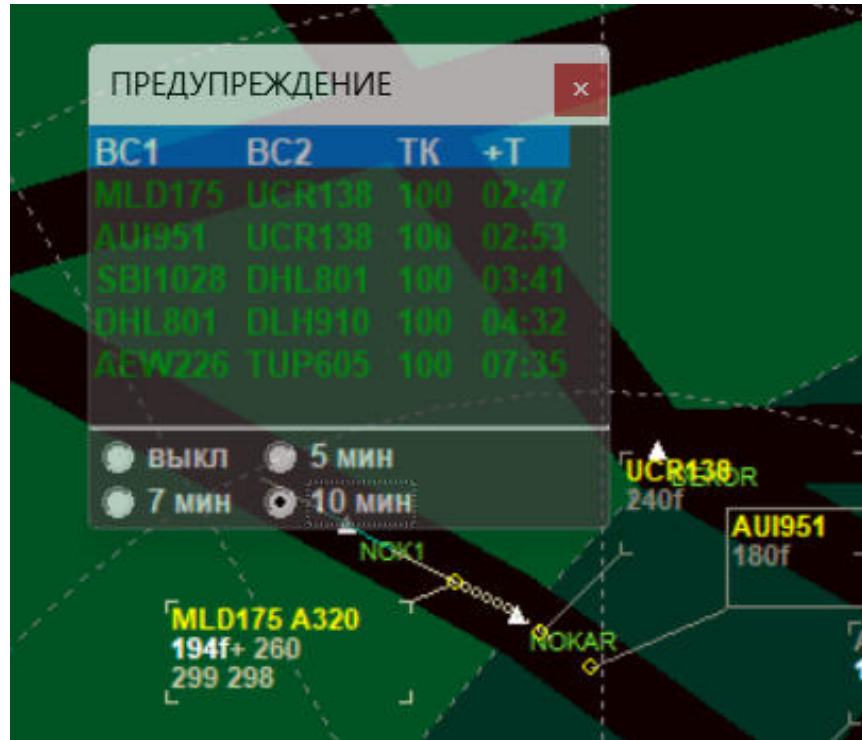


Рис.3.1 Відображення інформації у табло прогнозування конфліктних ситуацій в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера

Модуль виявлення порушень аналізує ситуацію, враховуючи тип конфліктної ситуації та модель зони безпеки повітряного судна, що застосовується в цій ситуації, і визначає, чи були порушені встановлені інтервали. Якщо система виявляє порушення безпечних інтервалів, інформація про це передається до бази даних для фіксації системи об'єктивного контролю моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера.. Система зберігання інформації про порушення здатна зберегти три параметри інформації про конфліктну ситуацію (рисунок 3.1), яка має місце, а саме:

- Позивні пари повітряних суден, між якими виникла конфліктна ситуація;
- Час, що залишився до початку конфліктної ситуації (у хвилинах і секундах);
- Тип конфліктної ситуації (внутрішній код системи моделюючого комплексу).

Ми вважаємо, що візуальне уявлення інформації про стадії розвитку потенційно конфліктних ситуацій буде найбільш зрозумілим для здобувачів вищої освіти (курсантів) та інструкторів. Експеримент із впровадження запропонованих методів проводиться з використанням моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера.

3.2 Багаторівнева система видачі рекомендацій при вирішенні потенційно-конфліктних ситуацій

У попередньому підрозділі нашої роботи ми провели декомпозицію, процесу прийняття рішень авіадиспетчером, в результаті якої виявили та описали основні етапи вирішення потенційно-конфліктної ситуації та зуміли визначити витрати часу на цю операцію. На основі проведеного дослідження ми можемо вирішити основну нашу задачу - розробку багаторівневої системи видачі рекомендацій для диспетчера управління повітряним рухом при вирішенні потенційно-конфліктних ситуацій. Існуюча в моделюючому комплексі система підтримки прийняття рішень носить інформативний характер: видає інформацію про сам факт наявності потенційно-конфліктної ситуації і час, що залишився до початку конфліктної ситуації. Цього може виявитися недостатньо в разі, коли система підтримки прийняття рішень застосовується в процесі навчання здобувачів вищої освіти (курсантів).

У нашій роботі ми розробили алгоритм функціонування такої системи підтримки прийняття рішень, яка не просто вказує здобувачу вищої освіти (курсанту) на потенційно-конфліктну ситуацію, а дозволяє, у разі потреби,

поступово направити його на прийняття вірного рішення для парирування потенційно-конфліктної ситуації та недопущення її переходу до стадії конфліктної ситуації. Робота нашої системи взаємопов'язана з декількома важливими модулями, частина з яких вже розроблена, а частина ще перебуває в процесі доопрацювання (рисунок 3.2).



Рис.3.2 Залежність багаторівневої системи видачі рекомендацій від інших модулів

Взаємозв'язок багаторівневої системи видачі рекомендацій для моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера показано рисунку 3.2. Розглянемо ці зв'язки докладніше:

- визначення часу до початку конфліктної ситуації - функціонування цього модуля планується організувати на основі системи випереджуючого моделювання моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера, побудованої за принципом послідовного розрахунку розвитку ситуації на заданий проміжок часу. Цей модуль може визначати як час до початку конфліктної ситуації (порушення встановлених інтервалів ешелонування), так і до етапів розвитку конфліктної ситуації, таких як небезпечне зближення (менше половини встановлених інтервалів ешелонування) та безпосередня загроза зіткнення (заздалегідь визначені величини відстаней між повітряними суднами) яких фіксується факт зіткнення повітряних суден, що, як правило, призводить до припинення виконання завдання);

- класифікація потенційно-конфліктної ситуації - найважливіший модуль, від якого залежить вибір правильного методу вирішення потенційно-конфліктної ситуації. На даний момент в рамках роботи над моделюючим комплексом проведена розробка такої класифікації потенційно-конфліктних ситуацій, яка дозволяє однозначно і чітко формалізувати процес визначення класу потенційно-конфліктної ситуації. Класифікація ґрунтується на визначенні тенденції зміни взаємного положення повітряних суден між собою (наздогін, без зміни та зустрічний рух) у вертикальній та горизонтальній площинах. Усього класифікація містить у собі 8 класів, які описують всі можливі варіанти тенденції зміни взаємного становища повітряних суден;
- вибір рекомендованого методу вирішення потенційно-конфліктної ситуації - даний модуль дозволить обрати такий метод вирішення потенційно-конфліктної ситуації, який при виявленні певного класу потенційно-конфліктної ситуації з урахуванням часу, що є в розпорядженні диспетчера управління повітряним рухом, дозволить найбільш раціонально вирішити потенційно-конфліктну ситуацію. Необхідно відзначити, що в рамках досліджень з тематики моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера проводяться роботи з визначення кращих методів вирішення потенційно конфліктних ситуацій різних класів;
- послідовність рівня рекомендацій щодо вирішення потенційно-конфліктних ситуацій – дає можливість учню приймати рішення, що дозволяють вирішити потенційно-конфліктну ситуацію, з мінімально можливим рівнем втручання системи підтримки прийняття рішень. Основою цієї підсистеми буде аналіз часу, який залишився до переходу потенційно-конфліктної ситуації в конфліктну стадію.

Після обсягу роботи, який ми описали в попередніх розділах нашої роботи, завдання можна розділити на дві підзадачі: власне створення

алгоритму функціонування багаторівневої системи видачі рекомендацій і розробка послідовності рівнів рекомендацій, що видаються.

Розглянемо підсистему послідовності рівня рекомендацій, що видаються. Очевидно, що така підсистема повинна базуватися на часі, що залишився до потенційно-конфліктної ситуації.

Таблиця 3.7

Рівні послідовності виданих рекомендацій

№	Класифікація за концепцією контролю факторів загроз та помилок	Рівень послідовності	Опис ситуації
1	Загроза	I	Зафіксована потенційно-конфліктна ситуація, що вимагає вирішення. Доступні всі методи вирішення потенційно-конфліктної ситуації
2	Загроза	II	Зафіксована потенційно-конфліктна ситуація, яка потребує вирішення. Доступна обмежена кількість методів вирішення потенційно-конфліктної ситуації
3	Помилка	III	Парирування потенційно-конфліктної ситуації вимагає прийняття рішення з обмеженої кількості методів, часу на прийняття рішення дуже мало
4	Небажаний стан	IV	Перехід у стадію конфліктної ситуації (фіксується порушення безпеки польотів). Порушення встановлених інтервалів ешелонування, потрібне негайне рішення конфліктної ситуації

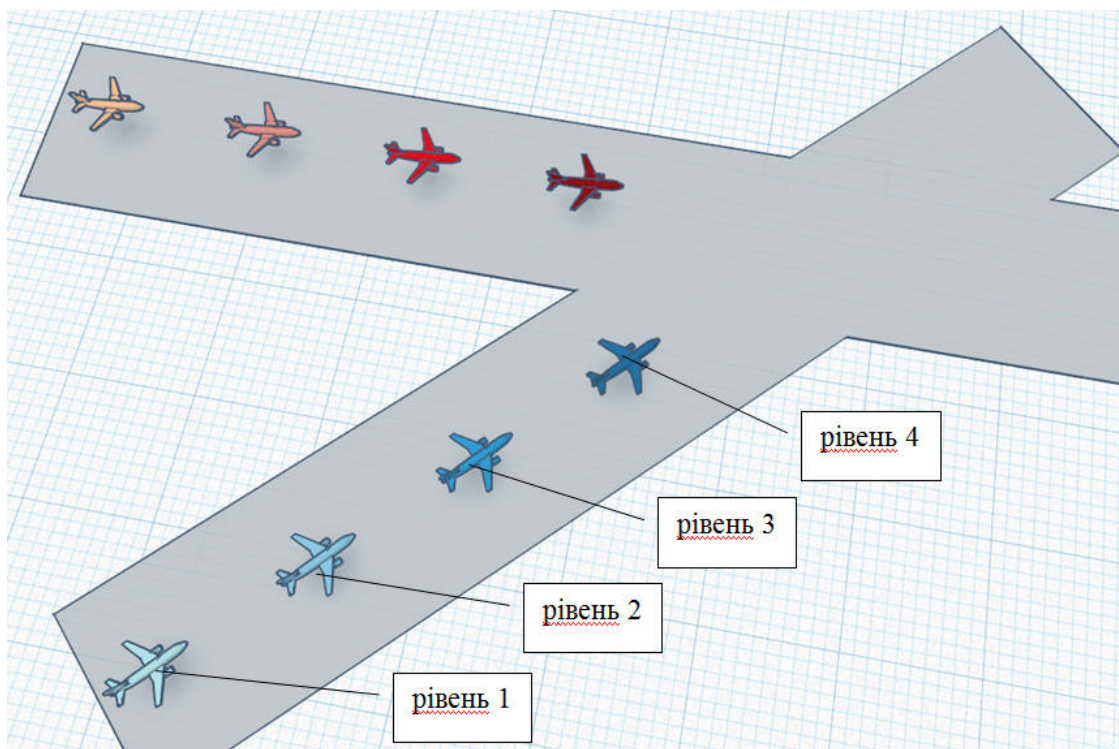


Рис.3.3 Етапи розвитку потенційно-конфліктних ситуацій і послідовність видання повідомлень

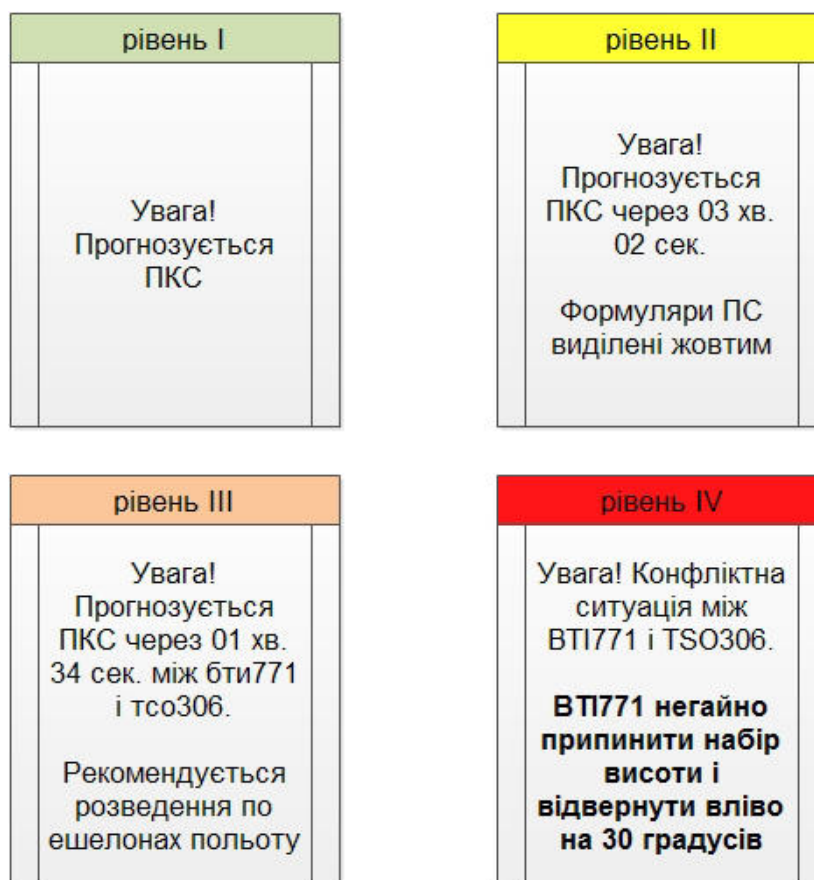


Рис.3.4 Можливі макети повідомлень за рівнями градації виданих рекомендацій

У таблиці 3.6 наведено класифікацію розвитку конфліктної ситуації по параметру своєчасності, яку ми будемо використовувати в підсистемі послідовності повідомлень рівня рекомендацій. В результаті нами отримана послідовність повідомлень, показана в таблиці 3.7.

На рисунку 3.3 показані етапи розвитку потенційно-конфліктної ситуації із зазначенням рівня градації виданих рекомендацій.

Для кожного рівня видачі повідомлень рекомендацій передбачені наступні обсяги інформації, яка видаватиметься оператору:

I рівень - мінімальний, повідомлення містить тільки факт прогнозування потенційно-конфліктної ситуації;

II рівень - середній, повідомлення містить прогнозований час до початку потенційно-конфліктної ситуації і вказівка на повітряні судна, які беруть участь в ситуації;

III рівень - терміновий, повідомлення містить прогнозований час до початку потенційно-конфліктної ситуації, вказівку на повітряні судна, які беруть участь в конфлікті і рекомендований метод вирішення потенційно-конфліктної ситуації;

IV рівень - максимальний. Порухення встановлених інтервалів ешелонування вже настало (стався розвиток з потенційно-конфліктної ситуації в конфліктну ситуацію), повідомлення містить прогнозований час до початку потенційно-конфліктної ситуації, вказівка на повітряні судна, які беруть участь в конфлікті, рекомендований метод вирішення потенційно-конфліктної ситуації і конкретні вказівки для кожного повітряного судна (у разі потреби). Ще одним варіантом цього рівня може служити видача всієї вищевказаної з автоматичною видачею вказівок повітряним суднам, тобто моделювання спрацьовування бортових систем попередження зіткнень Traffic Collision Avoidance System (TCAS). У рамках моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера вже проведено дослідження, що дозволяють моделювати роботу бортових систем попередження зіткнень,

тому використання варіанта з автоматичним виконанням операцій із запобігання зіткненням повітряних суден є можливим.

Наступним кроком нашої роботи стало впорядкування принципової схеми алгоритму роботи багаторівневої системи видачі рекомендацій, яка показана на рисунку 3.5.

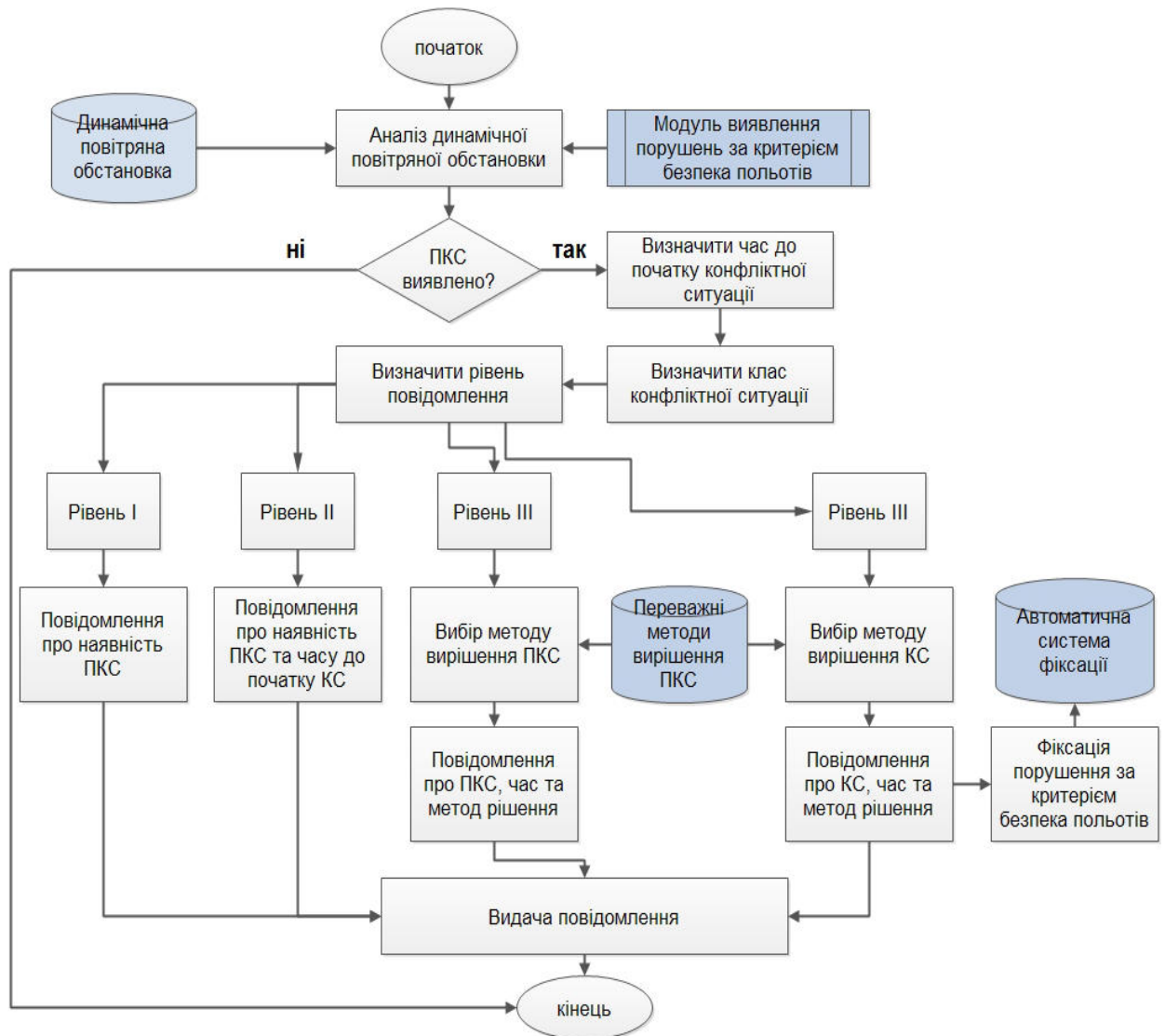


Рис.3.5 Схеми роботи багаторівневої системи видачі рекомендацій

Наведемо словесний опис алгоритму:

- У кожний момент часу, коли відбувається розрахунок динамічної повітряної обстановки (для моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера в стандартних умовах розрахунок проводиться 1 раз на секунду. Але слід мати на увазі, що в залежності від розв'язуваних задач моделюючий комплекс

дозволяє змінювати швидкість перебігу часу у вправі) одночасно провадиться пошук потенційно-конфліктних ситуацій на задану глибину часу. Для пошуку потенційно-конфліктних ситуацій у моделювальному комплексі роботи авіадиспетчера застосовується модуль виявлення порушень за критерієм "безпека польотів". Модуль оперує поняттям зона безпеки повітряного судна і виявляє порушення встановлених інтервалів ешелонування або потрапляння повітряних суден у зони обмеження польотів.

- У разі виявлення потенційно-конфліктної ситуації фіксується час, що залишився до переходу такої ситуації на стадію конфліктної ситуації, коли фіксується порушення встановлених мінімумів ешелонування. Далі визначається клас конфліктної ситуації. У використовуваної в рамках моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера класифікації всього таких класів 8. Далі в залежності від часу, що залишився до початку конфліктної ситуації, визначається рівень повідомлення, що видається. Проміжки часу, що характеризують рівень повідомлення, розглянуті нами раніше в розділі 3 нашої роботи. Необхідно зауважити, що в залежності від кількості потенційно-конфліктних ситуацій, що одночасно розвиваються, проміжки часу для 1 і 2 рівня видачі повідомлень можуть різнитися.

- Перший рівень видачі повідомлень (мінімальний) має загальний характер і звертає увагу здобувача вищої освіти (курсанта) на факт наявності потенційно-конфліктної ситуації. Здобувач вищої освіти (курсант) повинен самостійно визначити повітряні судна, які беруть участь у потенційно-конфліктній ситуації та вибрати методи її вирішення.

- Другий рівень повідомлення (середній) вказує на конкретну пару повітряних суден, між якими прогнозується конфліктна ситуація та вказує час, що залишився до початку конфліктної ситуації. Додатково на індикаторі повітряної обстановки формуляри повітряних суден, між якими прогнозується конфліктна ситуація, підсвічуються кольором (залежно від налаштувань у програмі, за замовчуванням – жовтим). При отриманні такого

повідомлення здобувача вищої освіти (курсанта) повинен самостійно вибрати метод розв'язання потенційно конфліктної ситуації.

- Третій рівень повідомлення (терміновий) видається, коли вирішення потенційно-конфліктної ситуації залишається мінімально-допустимий час. Для формування повідомлення третього рівня необхідно підключення модуля визначення кращого методу вирішення потенційно конфліктної ситуації. В рамках моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера проводяться роботи з визначення кращих методів вирішення потенційно конфліктних ситуацій для декількох варіантів часу, що залишився до початку конфліктної ситуації. У повідомленні здобувачу вищої освіти (курсанту) видається інформація, аналогічна до другого рівня повідомлень плюс рекомендований метод вирішення потенційно-конфліктної ситуації. Від здобувача вищої освіти (курсанта) потрібно оцінити запропонований метод і далі вибрати та реалізувати операції з парування ситуації.

- Четвертий рівень видачі повідомлень активується у тому випадку, коли потенційно-конфліктна ситуація не була вчасно вирішена та перейшла до стадії конфліктної ситуації, тобто зафіксовано порушення встановлених мінімумів ешелонування повітряних суден. При формуванні повідомлення аналогічно до третього рівня використовується модуль визначення кращого методу вирішення потенційно-конфліктних ситуацій. Важливою відмінністю буде зміст вказівок щодо парирування конфліктної ситуації: у повідомленні буде вказівка на конкретні операції, які необхідно виконати екіпажам повітряних суден. Також розглядається варіант, коли на четвертому рівні необхідні операції екіпажі повітряних суден виконують автоматично, моделюючи роботу бортових систем запобігання зіткнень. Під час формування повідомлення четвертого рівня обов'язково відбувається фіксація факту порушення встановлених мінімумів ешелонування повітряних суден.

Таким чином, ми можемо зробити висновок, що реалізація та впровадження запропонованої моделі системи підтримки прийняття рішень у моделювальному комплексі роботи авіадиспетчера дозволить отримати додаткові інструменти для реалізації стратегії індивідуального навчання здобувачів вищої освіти (курсантів-авіадиспетчерів) і може мати позитивний ефект на якість практичної підготовки.

У схемі алгоритму (рисунок 3.5) розкрита тільки одна гілка по одному класу потенційно-конфліктної ситуації, для інших алгоритм дій аналогічний з урахуванням особливостей ситуації. Для моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера, як представника сімейства тренажерних засобів для диспетчерів управління повітряним рухом, розроблено класифікацію потенційно-конфліктних ситуацій, що базується на аналізі тенденції зміни взаємного розташування повітряних суден між собою. Можливий варіант змісту інформаційних повідомлень, що видаються системою для користувача залежно від рівня видачі повідомлень, наведено на рисунку 3.4.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто теоретичні поняття систем підтримки прийняття рішень, основні вимоги, яким повинні відповідати системи підтримки прийняття рішень та існуюча класифікація систем підтримки прийняття рішень.
2. Вивчено концепцію контролю факторів загроз і помилок, особлива увага звернена на її компоненти: загроза, помилка та небажаний стан. Розглянуто контроль загроз і помилок та проаналізовано конкретні загрози, що виникають при управлінні повітряним рухом.
3. Проведено декомпозицію процесу прийняття рішення потенційно-конфліктної ситуації диспетчером управління повітряним рухом, визначено елементи процедури вирішення потенційно-конфліктної ситуації і час, що витрачається на виконання цих елементів.
4. Вивчено систему підтримки прийняття рішень модельючого комплексу, визначені її недоліки, зокрема недостатній рівень інформативності видаваних повідомлень. Розроблено схему роботи багаторівневої системи видачі рекомендацій і визначені її зв'язку з існуючими елементами СППР модельючого комплексу. Розроблено послідовність рівня видачі повідомлень в залежності від етапу розвитку потенційно-конфліктної ситуації і приклади реалізації багаторівневої системи видачі рекомендацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основні принципи обліку людського фактора у системах організації повітряного руху (ATM) / Doc 9758 – AN/966. Монреаль: ICAO, 2000. 149 с.
2. Проведення перевірок безпеки польотів під час виробництва польотів авіакомпаніями (програма LOSA) / Doc 9803 – AN/761. Монреаль: ICAO, 2002. 67 с.
3. Обстеження стану безпеки польотів під час роботи в нормальних умовах (NOSS) / Doc 9910 – AN/473. Монреаль: ICAO, 2008. 85 с.
4. Керівництво з навчання у сфері людського чинника / Doc 9683 AN/950. Монреаль: ICAO, 1998. 370 с.
5. Настанова з управління безпекою польотів (НУБП). / Doc 9859 AN/474. 3-е вид. 2013. 300с.
6. Словник з міжнародної цивільної авіації. / Doc 9713. 3-е вид. - Монреаль : ICAO, 2007. 832 с.
7. Додаток 2 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Правила польотів. / 10-е вид. Монреаль: ICAO, 2005. 80 с.
8. Додаток 11 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Обслуговування повітряного руху. / 13-е вид. Монреаль: ICAO, 2001. 114 с.
9. Додаток 13 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Розслідування авіаційних подій. / 11-е вид. Монреаль: ICAO, 2016. 74 с.
10. Єдині принципи моделювання ризику зіткнення в обґрунтування Посібника з методики планування повітряного простору для визначення мінімумів ешелонування. / Циркуляр ICAO №319-AN/181. Монреаль: ICAO, 2009. 74с.
11. Керівництво із запобігання авіаційним подіям. / Doc 9422-AN/924. 1-е вид. Монреаль: ICAO, 1984. 150 с.
12. Організація повітряного руху. Правила аеронавігаційного обслуговування / Doc 4444. 16-е вид. Монреаль: ICAO, 2016. 508 с.

13. Авіаційні правила України «Обслуговування повітряного руху», ЗАТВЕРДЖЕНО Наказ Державної авіаційної служби України 16 квітня 2019 року № 475, Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 04 липня 2019 р. за № 727/33698. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0727-19#n16> (дата звернення 21.10.2024).

14. Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України». затверджені наказом Державної авіаційної служби України, Міністерства оборони України 11 травня 2018 року № 430/210, Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 вересня 2018р. за № 1056/32508. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18#Text> (дата звернення 21.10.2024).

15. Авіаційні правила України «Організація повітряного руху», Затверджено Наказ Державної авіаційної служби України 09 грудня 2021 року № 1920, Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 07 лютого 2022 р. за № 165/37501. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0165-22> (дата звернення 21.10.2024).

16. Авіаційні правила України “Загальні правила польотів у повітряному просторі України”, затверджені наказом Державної авіаційної служби України, Міністерства оборони України від 06.02.2017 № 66/73, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 23.05.2017 за № 654/30522. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0654-17#Text> (дата звернення 21.10.2024).

17. Керівництво з бортової системи попередження зіткнень (БСПЗ) / Дос 9863 AN/461. Монреаль: ICAO, 2012. 254 с.

18. Глобальна дорожня карта безпеки польотів.// Стратегічний план дій щодо безпеки польотів, ICAO, Партнерство «Безпека польотів», 2008.

19. Вивчення людського фактора під час авіаційних подій та інцидентів. / Циркуляр ICAO №240-AN/144. Монреаль: ICAO, 1993. 76 с.

20. Людський фактор під час управління повітряним рухом. / Циркуляр ICAO №241. Монреаль: ICAO, 1993. 39 с.

21. Методичні рекомендації щодо дослідження ролі людського фактору під час розслідування авіаційних подій та інцидентів. / Національне бюро з розслідувань на транспорті. URL: https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2020/09/human_factor.pdf (дата звернення 21.10.2024).
22. Людський фактор в управлінні та організації / Циркуляр ІКАО №247. Монреаль: ІКАО, 1994. 35 с.
23. Safety Regulation Group. CAP 718. Human Factors in Aircraft Maintenance and Inspection (previously ICAO Digest No. 12) / Safety Regulation Group. TSO: 2002. p. 56.
24. Настанова з управління безпекою польотів (НУБП). / Міжнародна організація цивільної авіації. / Doc 9859 AN/474. 3-е вид. 2013. 300с.
25. Людський чинник. Підготовка льотного екіпажу: оптимізація роботи екіпажу в кабіні (CRM) та льотна підготовка в умовах, наближених до реальних (LOFT): збірник матеріалів № 2. / Циркуляр ІКАО 217-AN/132. Монреаль: ІКАО 1989. 73 с.
26. Матеріали 11-ої аеронавігаційної конференції. / ІКАО, ANConf 11-WP 2063/11/03, 2003 р.
27. Биковцев І.С., Дем'янчук В.С., Клименко В.О. Ефективність використання повітряного простору України авіаційним транспортом: Київ: ДП ОПР України, 2008. 368 с.
28. Cardosi, Kim M. Elizabeth D. Murphy (eds.). Human Factors in the Design and Evaluation of Air Traffic Control Systems / United States Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, John A. Volpe National Transportation Systems Administration, Cambridge, MA, 1995. (DOT/FAA/RD-95/3 DOT-VNTSC-FAA-95-3.)
29. Керівництво з кваліфікаційної системи підготовки та оцінки персоналу з електронних засобів для забезпечення безпеки повітряного руху / Doc 10057. Монреаль: ІКАО, 2017. 208 с.
30. Правила аеронавігаційного обслуговування. Підготовка персоналу / Doc 9868. Montreal: ІКАО, 2006. 90 с.

31. Правила аеронавігаційного обслуговування «Виробництво польотів повітряних суден», Том I «Правила виробництва польотів» / Doc 8168 OPS/611. Монреаль: ICAO, 2006. 396 с.
32. Контроль факторів загрози та помилок (КЗП) при управлінні повітряним рухом. / Циркуляр ICAO CIR 314 AN/178. Монреаль: ICAO, 2008. 35с.
33. Helmreich, R. L., Klinect J. R., Wilhelm J. A.. "Models of Event, error, and response in flight operations." / In R. S. Jensen (Ed.), Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology. Columbus, Ohio: The Ohio State University, 1999, pp. 124-129.
34. Maurino, D. E, J. Reason, A. N. Johnston and R. Lee. Beyond Aviation Human Factors. / Hants, England: Averbury Technical, 1995.
35. Law, J. R., J. A. Wilhelm. "Ratings of CRM skill markers in domestic and international operations: A first look." / In Proceedings of the Eighth International Symposium on Aviation Psychology. Columbus, Ohio: The Ohio State University, 1995
36. Керівництво з навчання. Частина D3. Співробітник із забезпечення польотів / диспетчер / Міжнародна організація цивільної авіації. / Doc 7192 AN/857. Монреаль: ICAO, 1998. 131 с.
37. Інструктивний матеріал по впровадженню мінімумів поздовжнього ешелонування при використанні GNSS / Міжнародна організація цивільної авіації / Циркуляр ICAO №321-AN/183. Монреаль: ICAO, 2010. 42 с.
38. Інструктивний матеріал по впровадженню мінімумів бокового ешелонування при використанні GNSS, заснованих на мінімумах ешелонування по VOR / Циркуляр ICAO №322-AN/184. Монреаль: ICAO, 2014. 48 с.
39. Глобальна експлуатаційна концепція ОпПР / Doc 9854 AN/458. Монреаль: ICAO, 2005. 93 с.

40. Доповідь Спеціалізованої наради (2008) з розслідування та запобігання авіаційним подіям (AIG) / Doc 9914 AIG/08. Монреаль: ICAO, 2008. 83 с.
41. Керівництво щодо вимог до системи організації повітряного руху / Doc 9882 AN/467. Монреаль: ICAO, 2008. 81 с.
42. Управління наданням послуг в системі організації повітряного руху (ATM STM) / Циркуляр ICAO №335-AN/194. Монреаль: ICAO, 2014. 38с.
43. Керівництво з глобальних характеристик аеронавігаційної системи / Doc 9883. Монреаль: ICAO, 2009. 194 с.
44. Прогноз розвитку повітряного транспорту до 2025 року / Міжнародна організація цивільної авіації. / Циркуляр ICAO №313-AN/134. Монреаль: ICAO, 2007. 65 с.
45. Керівництво з регіональної організації з розслідування авіаційних подій та інцидентів / Doc 9946 AN/481. Монреаль: ICAO, 2011. 72 с.
46. Керівництво по методиці планування повітряного простору для визначення мінімумів ешелонування / Doc 9689 AN/953. Монреаль: ICAO, 1998. 230 с.
47. Інструктивні вказівки по впровадженню мінімумів бічного ешелонування. / Циркуляр ICAO №341-AN/184. Монреаль: ICAO, 2015. 84 с.
48. Оцінка спостереження за допомогою систем ADS-B і мультилатерації з метою забезпечення обслуговування повітряного руху та рекомендації щодо їх впровадження. / Циркуляр ICAO №326-AN/188. Монреаль: ICAO, 2013. 46 с.
49. Додаток 19 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Управління безпекою польотів. / 2-е вид. Монреаль: ICAO, 2016. 48 с.
50. Єрмоєнко І.Д. Класифікація загроз при управлінні повітряним рухом. *«АВІАЦІЯ, ПРОМИСЛОВІСТЬ, СУСПІЛЬСТВО»*: матеріали V Міжнародн. наук.-практ. конф., 16 травня 2024 року, м. Кременчук.