

## КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ ПОВІТРЯНОГО ПРОСТОРУ ТА УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ ПОВІТРЯНОГО РУХУ В ТЕРМІНАЛЬНИХ ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ РАЙОНАХ

Національний авіаційний університет, м. Київ, jdestiny@ukr.net

*В статті проаналізовано результати експериментального дослідження щодо оптимізації польотів в термінальних диспетчерських районах. Розглянуто небезпеки та ризики, кількісні показники повітряного руху, стратегічне та тактичне планування потоків та вплив екстремального навантаження в роботі авіадиспетчерів. Запропоновано практичні рекомендації щодо вдосконалення виконання польотів в термінальних диспетчерських районах із застосуванням даних отриманих в ході експериментальних досліджень.*

**Ключові слова:** безпека польотів, термінальний диспетчерський район, кількісні показники повітряного руху, фактори небезпеки та ризику, стратегічне та тактичне планування, екстремальне виробниче навантаження на авіадиспетчера, потоки повітряного руху, обслуговування повітряного руху.

### Вступ

Основне професійне завдання авіадиспетчера – забезпечення безпечного і швидкого потоку повітряних суден (ПС) в повітряному просторі, за який він є відповідальним. Авіадиспетчер повинен зберігати пильність та працездатність протягом тієї частини зміни, коли він виконує свої операційні обов'язки, має бути готовий впоратися з несподіваними чи непередбаченими ситуаціями, такими як наслідки авіаційних подій або екстремальні погодні умови.

**Термінальні диспетчерські райони (ТМА)** – важлива складова у процесі забезпечення безпеки польотів в цивільній авіації. Польоти в ТМА характеризуються змінними профілями польоту ПС та високою інтенсивністю (щільністю) польотів, що спричиняє високий рівень навантаження на авіадиспетчера, стресові ситуації та дефіцит часу на прийняття рішень.

Тому важливою та актуальною задачею є проведення комплексного експериментального дослідження присвяченого оптимізації польотів при обслуговуванні повітряного руху в термінальних диспетчерських районах. Комплексне дослідження було проведене за такими напрямками [1-5]:

- ідентифікація та оцінювання основних факторів небезпеки і ризику в діяльності авіадиспетчерів ТМА;
- виявлення факторів, що найбільше впливають на ефективність виконання польотів в ТМА та побудова на їх основі комплексної системи кількісних показників повітряного руху в ТМА;
- вдосконалення структури повітряного простору ТМА на стратегічному етапі для оптимізації потоків повітряного руху, спрощення процедур управління авіадиспетчерів;
- вдосконалення тактичного управління потоками повітряного руху в ТМА;
- виявлення факторів, що зумовлюють звантаженість авіадиспетчерів та можуть спричинити надвисоке виробниче навантаження та «зрив діяльності».

### 1 Ідентифікація та оцінювання основних факторів небезпеки і ризику в діяльності авіадиспетчерів ТМА

Враховуючи специфіку та складність процесів в діяльності авіадиспетчерів ТМА, виявлення та аналіз небезпек та ризиків є дуже важливим завданням Системи управління безпекою польотів. З цією метою Євроконтролем була розроблена Методологія оцінки безпеки в аеронавігаційній системі (Air Navigation system Safety Assessment Methodology, SAM), яка включає виявлення небезпек та оцінювання ризиків. Методологія SAM включає стратегії для підтримки допустимого рівня безпеки, постійне спостереження, регулярне оцінювання досягнутого рівня безпеки та безперервне поліпшення загального рівня безпеки польотів.

На основі існуючих принципів оцінювання ризиків [1-5], нами була розроблена методика оцінювання небезпек характерних для діяльності авіадиспетчера ТМА. В рамках дослідження, нами першочергово були ідентифіковані основні небезпеки під час роботи авіадиспетчера ТМА. Наступним етапом було експертне опитування (анкетування) групи авіадиспетчерів відповідного робо-

чого місця, де респонденти повинні були розставити за пріоритетністю значення імовірності (1-100%) та серйозності (1-10) виникнення небезпек. Зібрані результати анкетування були оброблені та узагальнені (Таблиця 1).

Таблиця 1

Результати експертного опитування щодо основних небезпек під час роботи авіадиспетчера ТМА

№	Небезпека	Імовірність (0-100%)	Серйозність (1-10)
1	Змінний профіль польоту	85	3
2	Малі горизонтальні розміри ТМА для маневрування (при високій інтенсивності)	70	4
3	Несприятливі метеоумови	90	8
4	ПС, що пішли на друге коло	40	4
5	ПС, що знаходяться в зоні очікування	35	2
6	Помилки суміжних авіадиспетчерів	20	4
7	Помилки авіадиспетчера, який передав чергування	25	4
8	Невідповідне технічне обслуговування наземного обладнання	80	5
9	Несправність бортового обладнання	35	6
10	Погіршений психофізіологічний стан авіадиспетчера	25	5
11	погіршений психофізіологічний стан пілота	25	6
12	Недостатня професійна підготовка авіадиспетчера	23	7
13	недостатня професійна підготовка пілота	23	7
14	Управління повітряним рухом в суміжному повітряному просторі (без узгодження)	65	8
15	Схожі позивні	35	4
16	Надмірна (або недостатня) завантаженість авіадиспетчера	60	6

В рамках наступного етапу експерименту нами була створена *адаптована матриця оцінки небезпек*, що включає значення імовірності (серйозності) та дозволяє визначити тимчасову, припустиму та неприпустиму зони. Оцінені небезпеки були занесені в матрицю (Рис. 1) та виявлено, в яку з вищезазначених зон вони потрапили.

Для небезпек, що потрапили в неприпустиму зону пропонується застосовувати стратегії контролю та зменшення небезпек (для переходу в тимчасову зону, подалі в припустиму зону). Якщо ці стратегії занадто затратні або недоцільні, тоді відповідна діяльність з обслуговування повітряного руху (ОПР), що викликає дану небезпеку, повинна бути припинена.

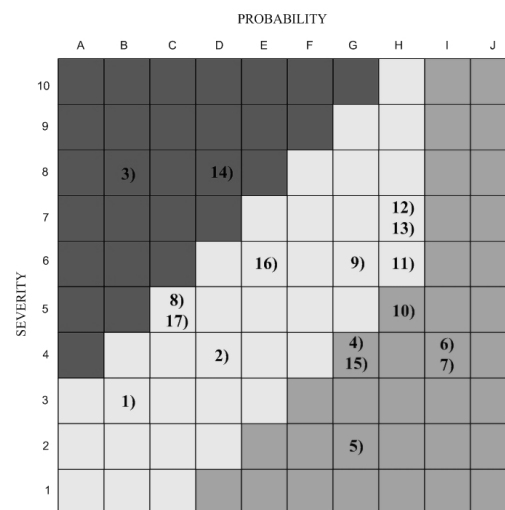


Рис. 1. Адаптована матриця оцінки небезпек

## 2 Виявлення факторів, що найбільше впливають на ефективність виконання польотів в ТМА

Процеси ОПР та показники повітряного руху тісно пов'язані з характеристиками повітряного руху, принципами розподілу потоків повітряного руху та іншими чинниками. Враховуючи те, що кількість польотів в контрольованому повітряному просторі збільшується щорічно, актуальним є питання визначення та оцінки факторів та кількісних показників повітряного руху в ТМА.

Зона ТМА є найскладнішою зоною диспетчерського обслуговування польотів. Вона характеризується значними потоками ПС, переважно, зі складними профілями польоту. В нашому дослідженні, ми проаналізували фактори, що впливають на ефективність польотів в ТМА (Рис. 2).

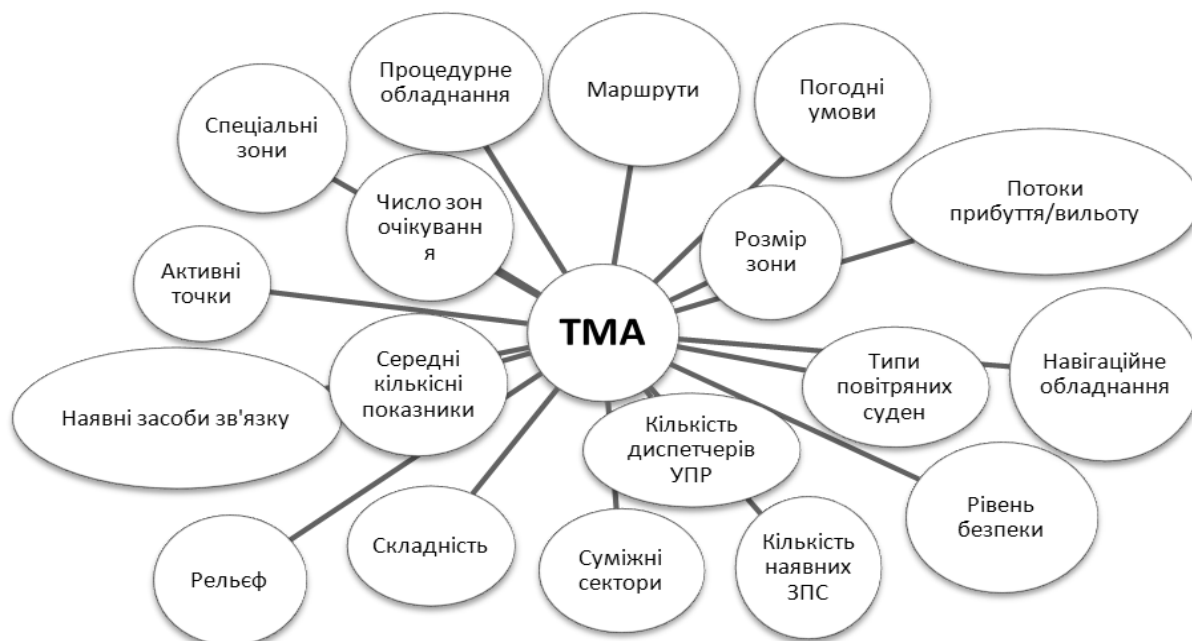


Рис. 2. Загальні фактори для аналізу ТМА

Було проведено експертне опитування десятиох авіадиспетчерів з метою визначення найбільш важливих факторів (кількісних показників) для оцінки ефективності польотів в секторі ТМА:

1. Які найбільш важливі фактори впливають на роботу в секторі ТМА?
2. Які елементи повітряного простору є найбільш важливими для ТМА?
3. Чи суттєво відрізняються елементи повітряного простору в різних ТМА (які Вам відомі)?
4. Які досвід роботи, на Вашу думку, найбільш цінний для вивчення ефективності польотів в секторі ТМА?
5. Чи впливає поєднання типів ПС на вашу роботу?

За результатами експертного опитування були визначені основні фактори (кількісні показники) для оцінки ефективності польотів в секторі ТМА (Таблиця 2).

Таблиця 2

Основні фактори для оцінки ефективності польотів в секторі ТМА

Потоки прильоту/вильоту	Погодні умови	Типи ПС	Координація зі суміжними секторами	Активні точки	Складність	Розмір зони	Спеціальні точки
24%	20%	16%	12%	12%	8%	4%	4%

Таким чином, в зоні ТМА найбільш важливим є такий показник, як інтенсивність потоків повітряного руху (важливо на стратегічному та передтактичному етапах планування). На другому місці небезпечні погодні явища, що впливають на процедури, профілі польоту та інші аспекти. Наступним відзначимо вплив типів ПС, що є досить важливим, особливо для ПС, що прибувають (вилітають). Менш значущі – активні точки, координація, спеціальні зони, складність і розмір зони.

### 3 Вдосконалення структури повітряного простору ТМА на стратегічному етапі

На сьогоднішній день найновішою структурою маршрутів у ТМА, що впроваджується в аеропортах Європи, є система сходження маршрутів на точку (Point Merge System, PMS). Для визначення потенційних переваг, які може надати впровадження PMS у Київському ТМА нами було виконано моделювання прильотів за PMS у програмі NEST, що розроблена Євроконтролем.

Модель PMS було побудовано спираючись на геометричні характеристики, рекомендовані Євроконтролем, та враховуючи особливості Київського ТМА, а саме висоту та ешелон переходу, небезпечні та заборонені зони, та характеристики ПС, що прилітають до аеропорту «Бориспіль». У результаті моделювання траєкторій польоту та вирішення конфліктів було отримано такі траєкто-

рії польотів у Київському ТМА: (Рис. 3).

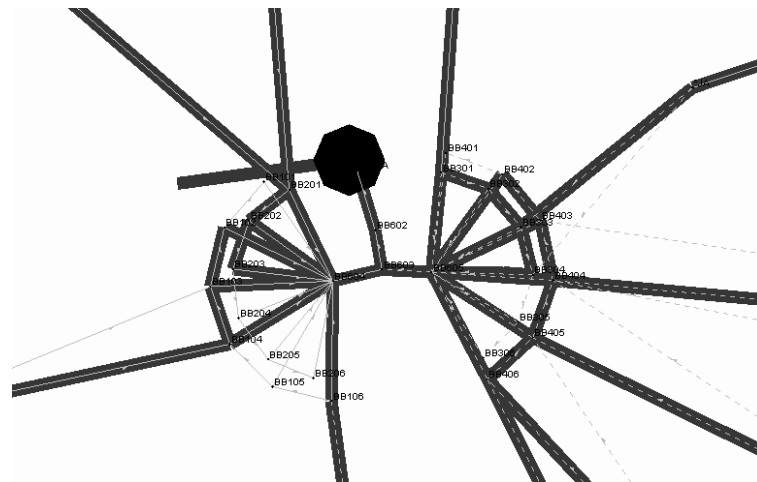


Рис. 3. Траєкторії ПС, що виконують приліт за маршрутами PMS.

Після моделювання траєкторій запропоновані маршрути PMS та маршрути, що використовуються у Київському ТМА сьогодні були проаналізовані за допомогою індикаторів руху. Для цього було використано вбудовані функції програми NEST для аналізу довжини маршрутів, завантаженості авіадиспетчера та пропускної спроможності. Отримані результати показали, що довжина маршрутів зменшилась на 3209,6 морські милі (1.28%). Порівняння завантаженості авіадиспетчера та пропускної спроможності наведено на Рис. 4-5.

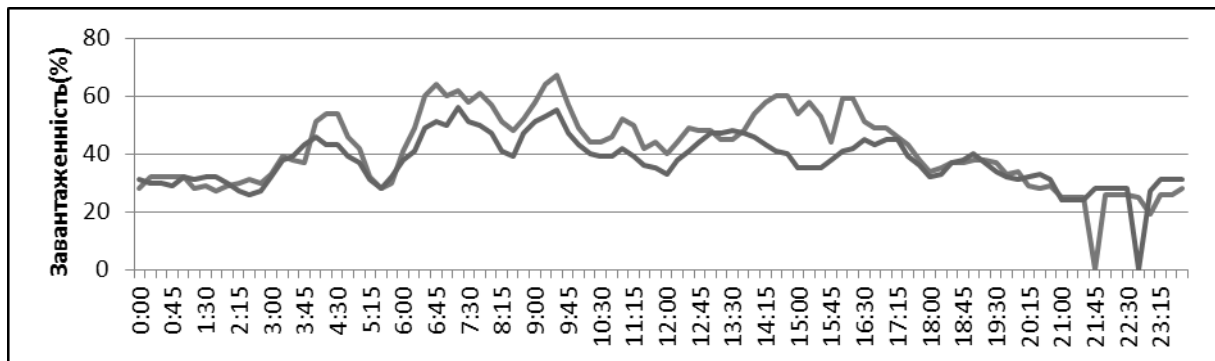


Рис. 4. Порівняння завантаженості авіадиспетчера при використанні поточних (верхній) та PMS (нижній) маршрутів прильоту

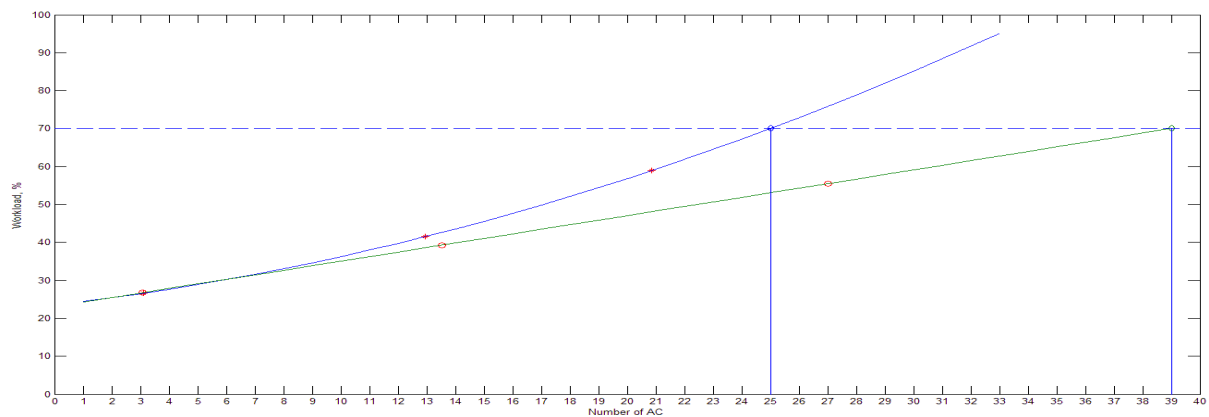


Рис. 5. Визначення пропускної спроможності ТМА при поточних (верхній) та PMS (нижній) маршрутах прильоту

Отримані результати свідчать про те, що PMS дозволяє зменшити завантаженість авіадиспетчерів та збільшити пропускну спроможність Київського ТМА з 25 до 30 ПС/год.

#### **4 Вдосконалення тактичного управління потоками повітряного руху в ТМА**

Авіадиспетчери повинні постійно контролювати динамічну повітряну ситуацію. Через те, що ПС постійно змінює місцеположення, висоту, швидкість польоту, авіадиспетчер повинен знати точне положення ПС та його план польоту з метою безпечного та ефективного управління потоками повітряного руху. Через будь-яке неправильне тлумачення ситуації авіадиспетчер може прийняти неправильне рішення, яке потенційно може спричинити авіаційну подію.

Нами було створено програмний засіб, призначений для автоматизації процесу прийняття рішень авіадиспетчерами шляхом моделювання поточного розташування всіх ПС, що знаходяться під управлінням авіадиспетчера, з подальшим аналізом ситуації та наданням пропозицій щодо дій авіадиспетчера.

Наступні сценарії визначають можливі позиції ПС і відповідні запити пілота, які може отримати авіадиспетчер:

Сценарій 1: Жодного ПС немає під контролем авіадиспетчера.

Сценарій 1.1. Пілот в зоні робить запит на входження в зону очікування.

Сценарій 2: Жодного ПС немає в зоні очікування, жодного ПС немає в гейті.

Сценарій 2.1. Пілот в зоні робить запит на входження в зону очікування.

Сценарій 2.2. Пілот в зоні очікування робить запит дозволу на посадку та руління до гейту.

Сценарій 3: Жодного ПС немає в зоні очікування, жодного ПС немає в гейті.

Сценарій 3.1. Пілот в зоні робить запит на входження в зону очікування.

Сценарій 3.2. Пілот в гейті робить запит дозволу на руління до ЗПС та зліт.

Сценарій 4: Одне ПС в зоні очікування, одне ПС в гейті.

Сценарій 4.1. Пілот в зоні робить запит на входження в зону очікування.

Сценарій 4.2. Пілот в зоні очікування робить запит дозволу на посадку та руління до гейту.

Сценарій 4.3. Пілот в гейті робить запит дозволу на руління до ЗПС та зліт.

Авіадиспетчер вводить в програму поточні місця розташування всіх ПС, що знаходяться під його управлінням. Все, що потім авіадиспетчер має зробити, це ввести вхідний запит пілота в програму, яка після цього видасть пропонований варіант подальших дій. Припускаючи, що авіадиспетчер видає дозволи відповідно за цими варіантами дій, програма оновлює інформацію для відображення нової поточної ситуації.

#### **5 Виявлення та аналіз факторів, що зумовлюють завантаженість авіадиспетчерів**

Під час 1-го етапу нашого дослідження спочатку було проаналізовано літературні джерела та визначено фактори, які можуть внести істотний внесок у підвищення завантаженості авіадиспетчерів. Після цього учасники опитування були забезпечені списком найбільш поширених чинників, які можуть викликати надвисоке виробниче навантаження та «зрив діяльності» протягом зміни. Учасникам було запропоновано розподілити за пріоритетністю всі причини зі списку розставивши цифри від 10 до 1 залежно від важливості впливу кожної з причин на завантаженість авіадиспетчерів (10 - впливає найбільше, 1 - впливає найменше).

Після аналізу результатів було отримано перелік факторів, що сприяють збільшенню завантаженості авіадиспетчерів. Перші три з них були: висока щільність польотів, погані метеорологічні умови, погана співпраця з іншими авіадиспетчерами у зміні.

Висока щільність польотів була визначена найважливішим фактором, що впливає на завантаженість авіадиспетчерів, на думку майже всіх експертів. Тому цей фактор був додатково досліджений на другому етапі експерименту.

Під час 2-го етапу дослідження учасники були забезпечені інформацією про категорії завантаженості авіадиспетчерів, а також схемою та деякими даними про сектор ТМА, для якого вони повинні були виконати завдання. Завдання полягало в тому, щоб визначити кількість ПС під контролем авіадиспетчера для цього сектора, при якій він відчуває кожну з категорій навантаження. Метою було визначити, коли саме авіадиспетчер починає відчувати високе навантаження і, коли воно стає надвисоким.

Отримані результати були представлені на графіку, який показує, як збільшується навантаження на авіадиспетчера і як змінюється категорія навантаження із збільшенням ПС, що одночасно знаходяться під управлінням. Було визначено граничне значення (7 ПС), при якому деякі авіадиспетчери вже починають відчувати екстремальні умови навантаження, які можуть призвести до різкого збільшення кількості помилок, що виникають і навіть до «зриву діяльності» (Рис. 6).

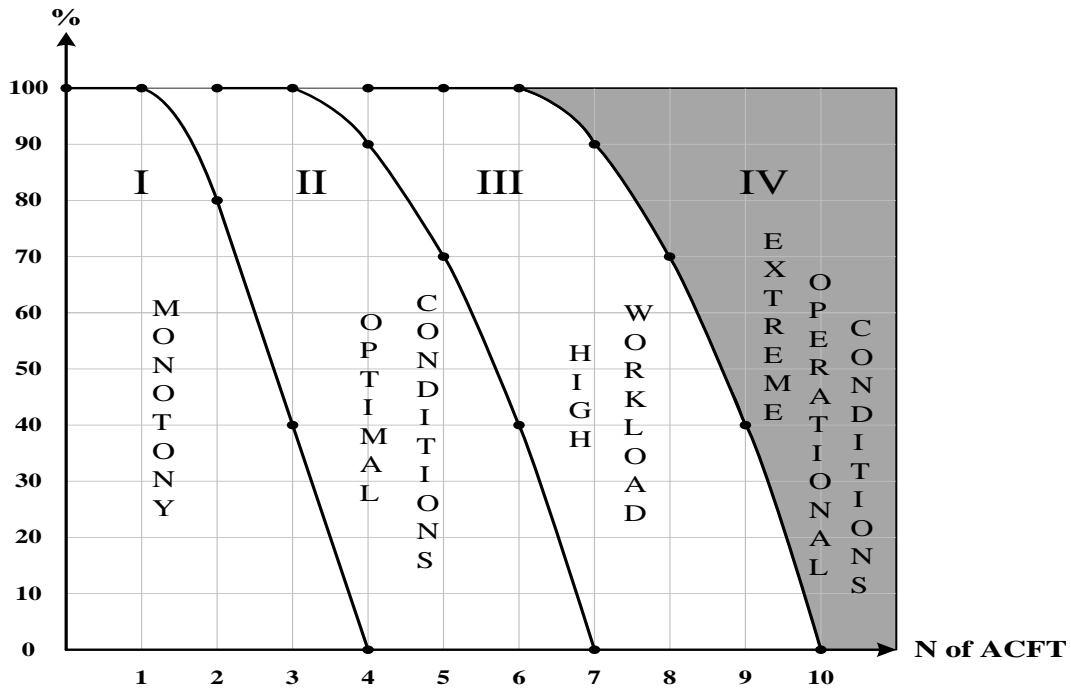


Рис. 6. Експериментальна залежність навантаження на авіадиспетчера від кількості ПС під управлінням

На 3-му етапі було визначено помилки, які найбільш імовірно можуть з'явитися в умовах надвисокого виробничого навантаження. Учасники повинні були відмітити помилки зі списку, де вони були відсортовані за категоріями, які, на їх думку, можуть бути викликані IV категорією навантаження, описаною в попередньому кроці дослідження. За результатами обробки отриманих від експертів даних було побудовано узагальнений графік за категоріями (Рис. 7)

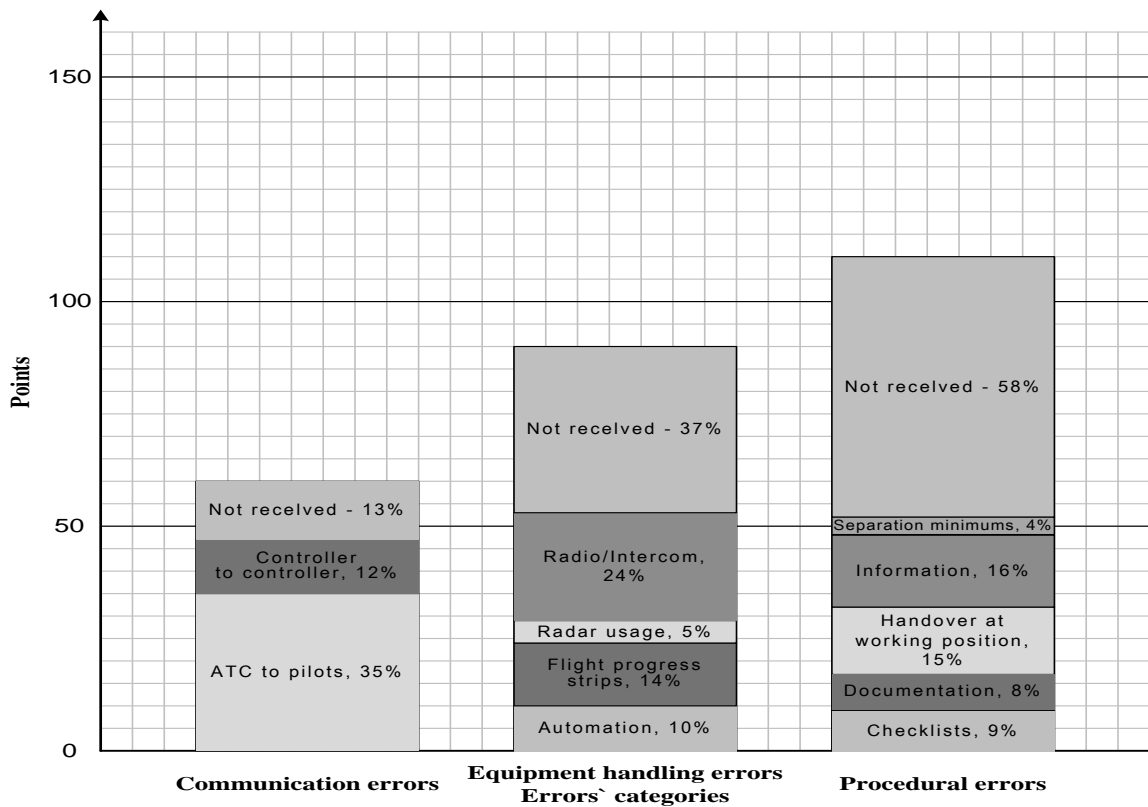


Рис. 7. Узагальнені експериментальні дані по категоріям помилок авіадиспетчерів

Було також з'ясовано, що найбільш ймовірними помилками, що можуть виникнути в умовах надвисокого виробничого навантаження є: пропущені виклики, неправильні введення даних в автоматизовану систему, поспішна передача контролю, неправильні вказівки, висота або наданий курс, неправильне розуміння запитів. Ці та інші помилки, які мають ймовірність виникнення більше ніж 50% були розглянуті на 4-му етапі дослідження і були запропоновані контрзаходи для їх запобігання та пом'якшення їх наслідків.

Після проведення експериментального дослідження були запропоновані певні контрзаходи, які можуть допомогти уникнути і/або нейтралізувати помилки, які найбільш імовірні в умовах надвисокого виробничого навантаження, адже цей стан є найбільш небезпечним і боротьба з помилками, що виникають в таких умовах, дуже важлива для забезпечення безпеки. Для цього було проаналізовано відомі джерела і складено список контрзаходів, які можна використовувати, щоб уникнути помилок, узагальнених на попередньому етапі даного дослідження. У список увійшли такі контрзаходи, як покращення атмосфери в диспетчерській зміні, вдосконалення процедур планування і виконання дій, забезпечення необхідних ревізій документації та їх модифікація, а також організація перепідготовки персоналу. Ці контрзаходи та їх компоненти були визначені для всіх типів помилок, які можуть бути допущеними в умовах надвисокого виробничого навантаження.

### **Висновки**

У результаті дослідження було отримано інформацію, яка може бути використана в освітніх і навчальних цілях - шляхом надання студентам і авіадиспетчерам даних про помилки, які можуть виникнути в умовах надвисокого виробничого навантаження, та про їх причини, метод для встановлення максимальних допустимих рівнів щільності польотів для сектора - на основі опитування авіадиспетчерів - тобто, на основі думки людей, які найбільше впливають на безпеку польотів під час обслуговування повітряного руху і повинні бути враховані, а також практичні рекомендації щодо шляхів усунення та пом'якшення результатів помилок, що можуть виникати у зв'язку з надвисоким виробничим навантаженням на авіадиспетчера. Це може сприяти підвищенню обізнаності персоналу щодо безпеки та підтримки безпеки польотів за допомогою боротьби з помилками, які можуть виникнути, тобто забезпечити першу і найголовнішу мету сучасної авіації.

Проведене комплексне дослідження суттєво впливає на загальний рівень організації польотів в ТМА, дозволяє підвищити регулярність та ефективність польотів та збільшує рівень безпеки польотів. Також це забезпечує більш гнучке регулювання рівня завантаженості авіадиспетчерів, що призводить до запобігання періодів надвисокого виробничого навантаження та «зриву діяльності».

### **Список літературних джерел**

1. Kharchenko V., Chynchenko Yu. Integrated safety management system in air traffic services // Proceedings of the National Aviation University. – 2014. – №1. – С. 6-9.
2. Kharchenko V., Chynchenko Yu. Integrated risk picture methodology for air traffic management in Europe // Proceedings of the National Aviation University. – 2013. – №1. – С. 15-19.
3. Kharchenko V., Chynchenko Yu. Concept of air traffic flow and capacity management in european region // Proceedings of the National Aviation University. – 2013. – №3. – С. 7-12.
4. Чинченко Ю.В. Критерії та принципи оцінки безпеки польотів при обслуговуванні повітряного руху в термінальних диспетчерських районах // Вісник інженерної академії України. – 2013. – №3-4. – С. 31-35.
5. Kharchenko V., Chynchenko Yu. Principles of improvement of air traffic flow and capacity management in terminal control areas under uncertainty conditions // Proceedings of the National Aviation University. – 2013. – №4. – С. 12-17.

## анотація

УДК 656.7.052 (045)

**Комплексне дослідження щодо вдосконалення структури повітряного простору та управління потоками повітряного руху в термінальних диспетчерських районах / Ю.В. Чинченко, В.О. Вахріна, К.М. Воляннюк, І.М. Кім, А.А. Купаєва, О.С. Самарцева // Вісник Інженерної академії України. – 2014. – №4. – С.**  
*В статті проаналізовано результати експериментального дослідження щодо оптимізації польотів в термінальних диспетчерських районах. Розглянуто небезпеки та ризики, кількісні показники повітряного руху, стратегічне та тактичне планування потоків та вплив екстремального навантаження в роботі авіадиспетчерів. Запропоновано практичні рекомендації щодо вдосконалення виконання польотів в термінальних диспетчерських районах із застосуванням даних, отриманих в ході експериментальних досліджень.*

*Ключові слова: безпека польотів, термінальний диспетчерський район, кількісні показники повітряного руху, фактори небезпеки та ризику, стратегічне та тактичне планування, екстремальне виробниче навантаження на авіадиспетчера, потоки повітряного руху, обслуговування повітряного руху.*

УДК 656.7.052 (045)

**Комплексное исследование по совершенствованию структуры воздушного пространства и управления потоками воздушного движения в терминальных диспетчерских районах / Ю.В. Чинченко, В.А. Вахрина, Е.М. Воляннюк, И.М. Ким, А.А. Купаева, Е.С. Самарцева // Вестник Инженерной академии Украины. – 2014. – №4. – С.**

*В статье проанализированы результаты экспериментального исследования в отношении оптимизации полетов в терминальных диспетчерских районах. Рассмотрены опасности и риски, количественные показатели воздушного движения, стратегическое и тактическое планирование потоков и влияние экстремальной нагрузки в работе авиадиспетчеров. Предложены практические рекомендации по совершенствованию выполнения полетов в терминальных диспетчерских районах с применением данных, полученных в ходе экспериментальных исследований.*

*Ключевые слова: безопасность полетов, терминальный диспетчерский район, количественные характеристики воздушного движения, факторы опасности и риска, стратегическое и тактическое планирование, экстремальная рабочая нагрузка на авиадиспетчера, потоки воздушного движения, обслуживание воздушного движения.*

UDC 656.7.052 (045)

**Complex research on improvement of airspace structure and air traffic flows management in terminal control areas / Yu.V. Chynchenko, V.O. Vakhrina, K.M. Volianiuk, I.M. Kim, A.A. Kupaieva, O.S. Samartseva // Bulletin of Engineering Academy of Ukraine. – 2014. – №4. – pp.**

*The article deals with the results of experimental research regarding optimisation of flights in terminal control areas. Threats and risks, quantitative traffic indicators, strategic and tactical flows planning and influence extreme workload in work of air traffic controllers have been reviewed. Practical recommendations on improvement of flight operation in terminal control areas with use of experimental research data have been proposed.*

*Keywords: flights safety, terminal control area, quantitative traffic indicators, threats and risks factors, strategic and tactical planning, extreme workload of air traffic controller, air traffic flows, air traffic services.*