

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ

Факультет авіаційного менеджменту
Кафедра аеронавігації, метеорології та організації повітряного руху

ЗЕМЛЯНСЬКИЙ ВАДИМ АНДРІЙОВИЧ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Модель кількісних характеристик повітряного руху для застосування в
модульному методі формування завдань**

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

Першорядним завданням при виконанні польотів у цивільній авіації є забезпечення достатнього рівня безпеки польотів. Дійсно, не дивлячись на значне збільшення обсягів перевезень та підвищення економічної ефективності повітряного транспорту спостерігається неухильне зниження показника кількості загиблих пасажирів на 100 налітаних мільйонів пасажиро-кілометрів з 0,8 у 60-х роках до 0,03 у 1990 році та 0,02 у початку поточного сторіччя.

Важливу роль забезпечення високого рівня безпеки польотів відіграє система обслуговування повітряного руху, що досягається за рахунок високого рівня професійної підготовки персоналу. Підготовка авіаційних диспетчерів включає два основні етапи: етап теоретичної підготовки та етап тренажерної (практичної) підготовки. Проведення тренажерної підготовки потребує залучення великої кількості підготовленого персоналу – інструкторів, пілотів-операторів, методистів тощо. Так як у будь-якій системі, в якій присутні оператори, присутній вплив людського фактора, то важливим завданням є мінімізація впливу на процес та результати підготовки.

У роботі вирішується завдання вдосконалення моделі характеристик вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів, що дозволить підвищити якість тренажерної підготовки та полегшить застосування індивідуального підходу до навчання.

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

ANNOTATION

The primary task when flying in civil aviation is to ensure a sufficient level of flight safety. Indeed, despite the significant increase in the volume of transportation and the increase in the economic efficiency of air transport, there is a steady decrease in the number of passengers killed per 100 million passenger-kilometers flown from 0.8 in the 1960s to 0.03 in 1990 and 0.02 in beginning of the current century.

An important role in ensuring a high level of flight safety is played by the air traffic service system, which is achieved due to the high level of professional training of personnel. The training of air traffic controllers includes two main stages: the stage of theoretical training and the stage of training (practical) training. Carrying out simulator training requires the involvement of a large number of trained personnel - instructors, pilot-operators, methodologists, etc. Since in any system in which operators are present, there is an influence of the human factor, an important task is to minimize the impact on the process and results of preparation.

The work solves the task of improving the model of exercise characteristics for simulator training of air traffic controllers, which will improve the quality of simulator training and facilitate the application of an individual approach to training.

The explanatory note includes: _____ pages, _____ drawings, _____ tables, _____ literary sources.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ВПРАВ ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ ТРЕНАЖЕРІВ	12
1.1 Аналіз актуальних методів формування вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів	12
1.2 Огляд та аналіз методів формування вправ з використанням комбінацій складових модулів	18
1.3 Автоматизація при використанні методу формування вправ з використанням комбінацій складових модулів	28
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВІТРЯНОГО РУХУ	36
2.1 Огляд кількісних характеристик повітряного руху	36
2.2 Визначення пропускної здатності сектора управління повітряним рухом	46
РОЗДІЛ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДОВИХ МОДУЛІВ ВПРАВ	52
3.1 Аналіз існуючих кількісних характеристик модулів вправ	52
3.2 Вдосконалення моделі кількісних характеристик складових модулів вправ	55
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АДВ	аеродромно-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
ВОРЛ	вторинний оглядовий радіолокатор
ВПР	висота прийняття рішення
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
НСЦ	Навчально-сертифікаційний центр
РСП	регіональний структурний підрозділ
ОЗП	осінньо-зимовий період
ОПР	обслуговування повітряного руху
ОрПР	організація повітряного руху
ПІО	польотно-інформаційне обслуговування
ПЗ	програмний засіб
ПКС	потенційно конфліктна ситуація
ПР	повітряний рух

ПС	повітряне судно
РДЦ	районний диспетчерський центр
СОПР	служба обслуговування повітряного руху
ТЦ	тренажерний центр
УПР	управління повітряним рухом
ACARS	Aircraft Communication Addressing and Reporting System
ADS	автоматичне залежне спостереження
ADS-B	ADS в режимі радіомовлення
ADS-C	контрактне ADS
AFTN	Мережа авіаційного фіксованого електрозв'язку
CASITAF	Спеціальна група по впровадженню систем CNS/ATM
CPDLC	Канал зв'язку "диспетчер - пілот" по лінії передачі даних
DCPC	Цифрова прямий зв'язок "диспетчер - пілот"
D-ATIS	служба автоматичної передачі інформації в районі аеродрому - цифрова
EANPG	Європейська група аеронавігаційного планування
ICAO	International Civil Aviation Organization
SARPS	Standards And Recommended Practice - Стандарти і рекомендована практика
SCI	Simple Command Interface – Простий інтерфейс введення команд

ВСТУП

Досягнення високих показників ефективності авіап перевезень у цивільній авіації можливе лише за умови забезпечення прийняттого рівня безпеки польотів. Серйозну роль у забезпеченні безпеки польотів повітряних суден відіграє служба руху, яка здійснює комплекс заходів щодо планування, координування, безпосереднього управління повітряним рухом та контролю за дотриманням встановленого режиму польотів. Головну роль у вирішенні основних завдань служби руху у процесі управління виконують авіаційні диспетчери, результати діяльності яких визначають безпеку та ефективність польотів.

З огляду на, що в даний час повітряний транспорт є найбільш безпечним видом транспорту, завдання служб обслуговування повітряного руху постійно підтримувати прийнятний рівень безпеки польотів та вживати заходів щодо його підвищення. Тому дослідження, які проводяться в області забезпечення безпеки польотів повітряних суден, повинні привести до «глобального скорочення ризиків авіаційних подій в цивільній авіації». Згідно зі статистикою Міжнародної організації цивільної авіації (International Civil Aviation Organization - ICAO), в даний час причиною понад 80 відсотків авіаційних подій та інцидентів є людський фактор. Під людським фактором розуміється сукупність індивідуальних і властивих професійному (льотному або диспетчерському) складу якостей і властивостей, що виявляються при взаємодії з повітряним судном в конкретних умовах. У зв'язку з цим будь-які поліпшення в цій галузі можуть значною мірою сприяти підвищенню рівня безпеки польотів.

Основна роль у виконанні завдання забезпечення безпеки польотів належить екіпажу повітряного судна, який здійснює безпосереднє управління польотом, і від правильності і своєчасності його дій в складних і аварійних ситуаціях залежить кінцевий результат польоту. Авіадиспетчер несе відповідальність за видачу обґрунтованих рекомендацій і вказівок екіпажам

повітряних суден. Остаточне рішення приймає командир повітряного судна, але своєчасна і правильна інформація, надана диспетчером управління повітряним рухом, може запобігти розвитку ситуації на борту до катастрофічної. У довгострокових прогнозах Міжнародної організації цивільної авіації вказується, до 2030 року щорічний обсяг пасажирських перевезень може досягти 5 млрд. пасажирів. Для того щоб впоратися зі зростаючою навантаженням, потрібні інвестиції в будівництво нових повітряних суден та інфраструктури, а також підготовка великої кількості авіаційних фахівців, включаючи фахівців планування та обслуговування польотів. Найважливішу роль буде грати розширення співпраці між усіма зацікавленими сторонами з метою задоволення зростаючого попиту на авіаперевезення на тлі підтримки належного рівня безпеки польотів, авіаційної безпеки і довгострокової стабільності і стійкості авіаційної галузі.

На протязі всього свого існування Міжнародна організація цивільної авіації проводить заходи щодо розробки стратегії підвищення авіаційної безпеки, проведення перевірок потенціалу держав-членів в області контролю авіаційної безпеки і надання підтримки країнам у подоланні недоліків в сфері забезпечення авіаційної безпеки. Хід цих робіт відображається в щорічних доповідях Ради Міжнародної організації цивільної авіації, в яких висвітлюються питання безпеки польотів, авіаційної безпеки, охорони навколишнього середовища, безпеки та ефективності повітряного транспорту і багато інших. Періодична оцінка безпеки польотів є необхідною умовою її відповідності необхідному і передового досвіду в авіаційній галузі.

З огляду на, що в даний час повітряний транспорт є найбільш безпечним видом транспорту, завдання авіаційної галузі і регулюючих органів полягає в тому, щоб цю систему зробити ще більш безпечною. Тому дослідження, які проводяться в області забезпечення безпеки повітряного транспорту, повинні привести до «глобального скорочення ризиків авіаційних подій в цивільній авіації».

Метою дослідження є вдосконалення моделі кількісних характеристик вправи для тренажерної підготовки авіаційних диспетчерів.

Об'єктом дослідження є система тренажерної підготовки авіаційних диспетчерів.

Предмет дослідження - модель кількісних характеристик вправ (складових модулів вправ) для диспетчерських тренажерів.

Для досягнення мети роботи поставлені і вирішені наступні задачі:

1. Провести аналіз методів формування вправ для тренажерної підготовки, які використовуються в підприємствах і навчальних закладах цивільної авіації України;
2. Розглянути основні кількісні характеристики повітряного руху і безпеки польотів;
3. Вивчити існуючу модель кількісних характеристик вправ (складових модулів вправ) для тренажерів авіадиспетчерів;
4. Розширити перелік кількісних характеристик вправ (складових модулів вправ).
5. Удосконалити модель кількісних характеристик вправ для тренажерів авіадиспетчерів

Теоретичною і методологічною основою дослідження є роботи вітчизняних і зарубіжних вчених в області дослідження тренажерної підготовки і методів формування вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів та вимоги документів Міжнародної організації цивільної авіації (документи, циркуляри та Додатки до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію) та Авіаційних правил України.

Методи, використані в роботі:

У процесі роботи над нашим проектом ми використали такі методи **теоретичного рівня**:

- Метод аналізу застосовувався нами з метою дослідження в області безпеки польотів, а також регламентуючих документів з питань діяльності

диспетчера управління повітряним рухом, літературних джерел з питань кількісних характеристик повітряного руху і безпеки польотів, визначення завантаженості авіадиспетчера, пропускної спроможності секторів управління повітряним рухом ін.;

- Метод узагальнення ми застосовували з метою обґрунтування актуальності проблеми дослідження, визначення основних напрямів створення моделі;

- Метод моделювання застосовувався в роботі для побудови моделі кількісних характеристик вправи (складового модуля вправи).

Методи емпіричного рівня:

- Вимірювання і порівняння ми застосовували для визначення кількісних характеристик під час виконання і після виконання вправи;

- Спостереження (аналіз результатів автоматизованого формування вправ модульним методом) дозволило підтвердити актуальність нашого дослідження.

Наукова новизна: в результаті проведеного дослідження удосконалено модель кількісних характеристик вправ (додано 12 характеристик), запропоновані наступні групи характеристик: технічні характеристики, кількісні характеристики під час виконання і кількісні характеристики після виконання вправи.

Практичне значення роботи: 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. Запропонована нами модель кількісних характеристик вправ (складових модулів вправ) для тренажерної підготовки авіаційних диспетчерів може дозволити автоматизувати процес підготовки вправ із заданими параметрами і тим самим полегшити впровадження індивідуального підходу до навчання при роботі на тренажерах авіадиспетчерів.

Публікації: за результатами дослідження були опубліковані наукових тезах:

1. Землянський В.А., Землянський А.В., Аналіз методів формування вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів / XIII Міжнародна науково-практична конференція ««Innovative Scientific Research: Balance of Theory and Practical Application» (March 6-8, 2024) Brussels, Belgium, International Scientific Unity, 2024. 246 p.
2. Землянський В.А., Кушнірова Н.І., Землянський А.В., Формування вправ з використанням комбінацій складових модулів / V Міжнародна науково-практична конференція «АВІАЦІЯ, ПРОМИСЛОВІСТЬ, СУСПІЛЬСТВО», 16 травня 2024 року, м. Кременчук.
3. Землянський В.А., Кушнірова Н.І., Вдосконалення моделі кількісних характеристик модулів вправ / LII 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

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ВПРАВ ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ ТРЕНАЖЕРІВ

1.1 Аналіз актуальних методів формування вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів

На початковому етапі дослідження ми поставили мету проаналізувати процес розробки завдань для організації тренажерної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом.

З метою виявлення та узагальнення методів розробки вправ, які застосовуються викладацьким складом тренажерного центру льотної академії Національного авіаційного університету та диспетчерами-інструкторами регіональних підрозділів Украероруху, було проведено експертне опитування у формі вільної бесіди з фахівцями, які відповіли на питання та поділилися своїм досвідом розробки та використання вправ. За результатами опитування було:

- Виявлено та узагальнено основні методи розробки вправ, які використовуються викладацьким складом тренажерного центру льотної академії Національного авіаційного університету та диспетчерами-інструкторами регіональних підрозділів Украероруху.
- Визначено переваги та недоліки для кожного з методів.
- Запропоновано рекомендації щодо вдосконалення методів розробки вправ.

В якості експертів нам вдалося залучити 10 фахівців, які за родом своєї професійної діяльності займаються питаннями створення вправ. Методи розробки вправ стали центральною темою обговорення, але окрім них, учасники дискусії також порушували інші питання, пов'язані з цією темою. Прикладами додаткових напрямків можуть служити: визначення рівня складності вправ, застосування різноманітних методів створення потенційно-

конфліктних ситуацій у вправі, застосування особливих випадків в польоті і особливих умов в польоті для ускладнення завдань.

Під час експертного опитування багато уваги приділялося питанням розробки індивідуальних вправ, які б відповідали фаховим компетенціям здобувачів. Це пов'язано з тим, що індивідуальний підхід до навчання дозволяє врахувати особливості та потреби кожного здобувача, що, в свою чергу, веде до кращого засвоєння матеріалу. Використання індивідуального підходу в процесі навчання дає такі основні переваги:

- Врахування особливостей та потреб кожного здобувача.
- Підвищення мотивації до навчання.
- Краще засвоєння матеріалу.
- Розвиток самостійності та відповідальності.

Після розмов із експертами ми змогли визначити такі види індивідуальних завдань:

- Вправи на закріплення теоретичного матеріалу.
- Вправи на розвиток практичних навичок виключаючи навички виявлення та вирішення потенційно-конфліктних ситуацій при управлінні повітряним рухом.
- Вправи на творче мислення в рамках обов'язків авіадиспетчера щодо забезпечення безпеки, регулярності та економічності польотів повітряних суден у секторі відповідальності авіадиспетчера.
- Вправи на самостійне дослідження.

Слід зазначити, що розробка індивідуальних вправ – це складний процес, який потребує від інструктора або викладача великого обсягу теоретичних та практичних знань та наявності досвіду як управління повітряним рухом, так і складання завдань. Проте, це дійсно ефективний метод навчання, який дозволяє здобувачам максимально розкрити свій потенціал.

В результаті проведеного опитування та аналізу зібраних матеріалів нами була запропонована узагальнена таблиця методів формування

навчальних завдань для підготовки вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів. Важливо зазначити, що таблиця не містить сполучення виявлених методів формування навчальних завдань, адже вони можуть бути вельми різноманітними та не піддаються узагальненню в рамках одного документу. Надалі таблиця може бути доповнена та вдосконалена за рахунок додавання нових методів (або їх комбінації) формування навчальних завдань, уточнення характеристик існуючих методів та наведення нових прикладів їх використання.

Таблиця 1.1

Методи формування вправ

№	Найменування методу	Частота використання, %	Коефіцієнт часу на формування вправи	Коефіцієнт часу на перевірку вправи
1	Ручне формування без застосування спеціальних інструментів	<5	2,4	до 15
2	Ручне формування із застосуванням спеціальних інструментів	20	2,4	до 4 (до 0,2)
3	Коригування (змінa) раніше створеної вправи	70	1,5	до 4 (до 0,2)
4	Автоматизоване формування вправи	<5	0,3	до 0,2
5	Автоматичне формування вправи	<5	<0,1	до 0,2

Необхідно відмітити, що методи автоматичного і автоматизованого формування вправ на сьогодні застосовуються при підготовці вправ (навчальних та перевірочних) в льотної академії Національного авіаційного університету.

Для кращого розуміння отриманих нами результатів хотілося б зробити деякі пояснення щодо вмісту таблиці:

Під ручним формуванням вправ без застосування спеціальних інструментів мається на увазі створення вправи методом складання плану польотів без використання апаратних засобів, наприклад комп'ютерних засобів («на папері»).

За результатами симуляції, що запускається на диспетчерському тренажері, робиться висновок про відповідність вправи заданим цілям та параметрам. Цей висновок може використовуватися для прийняття рішення про те, чи включати цю вправу в програму тренувань, чи рекомендувати її користувачеві, чи вносити зміни до вправи для її покращення. За загальними витратами часу такий метод можна розбити на три етапи: складання вправи, введення вправ з систему симуляції (диспетчерський тренажер) і практичну перевірку вправи.

До істотних недоліків цього методу належать:

- Цей метод складний для реалізації через високі вимоги до кваліфікації розробника та необхідність детального опису завдання.
- Тривалий час на створення вправи, адже всі польотні дані по кожному повітряному судну вводяться вручну в систему, відповідно до задуманого чи за реальним планом польоту.

Розробка та доопрацювання вправи до того стану, коли вона відповідає заданим параметрам і може використовуватися для конкретних цілей, потребує значних затрат часу. Тому в сучасних умовах цей метод використовується рідко.

Розвитком описаного раніше методу можливо вважати метод ручного формування вправ із застосуванням спеціальних програмних комплексів. У випадку льотної академії таким інструментом служить моделюючий комплекс роботи авіадиспетчера, у тренажерних центрах регіональних структурних підрозділів використовують засоби, що постачаються розробниками автоматизованих систем керування повітряним рухом.

Перевірка вправ на диспетчерських тренажерних засобах з симуляцією є сучасним та ефективним методом, який використовується для оцінки вправ на відповідність різним критеріям. Перевірка вправ на диспетчерських тренажерних засобах з симуляцією має ряд переваг:

- Ефективність: цей метод економить час та ресурси.
- Безпека: симуляція дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з тестуванням нових та складних вправ.
- Об'єктивність: дані, зібрані в процесі симуляції, є більш об'єктивними, ніж дані, отримані від інших методів перевірки вправи.
- Точність: симуляція дозволяє точно відтворити умови вправи та оцінити її.
- Гнучкість: симуляція може бути налаштована для різних типів вправ, рівнів складності та диспетчерів з різним досвідом.

Цей метод має значну перевагу – можливість створювати унікальні вправи з урахуванням поточних завдань та індивідуальних потреб кожного здобувача за відносно короткий проміжок часу. Недоліки цього методу успадковуються з методу ручного формування вправ, а саме: високі вимоги до кваліфікації фахівця, що становить цю вправу, високий рівень необхідної формалізації при постановці завдання, великий (але помітно менший у порівнянні з методом ручного формування вправи) час на створення і перевірку вправи. Необхідно зауважити, що застосування інструментів моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера, які дозволяють отримати наочну інформацію про потенційно-конфліктні ситуації та завантаженість авіадиспетчера в процесі формування вправи, дозволяє помітно скоротити час, необхідний на формування та перевірку вправи, порівняно з традиційними інструментами, що поставляються у складі автоматизованих систем керування повітряним рухом.

Наступний метод, а саме коригування та зміна раніше створеної вправи, застосовується значно частіше двох описаних нами, але вимагає вже

готової вправи, яка виступає як база для нової вправи. При використанні методу коригування та зміни нова вправа створюється на основі раніше створеної вправи, до якої вносяться зміни параметрів, а саме, кількість, класи та розміщення на шкалі часу потенційно-конфліктних ситуацій, загальна тривалість, інтенсивність та щільність повітряного руху, інші параметри динамічної повітряної обстановки, які можуть вплинути на вправу. Використання методу коригування та зміна раніше створеної вправи значно зменшується час і трудовитрати на формування вправи у порівнянні з методами ручного формування вправ. Час на перевірку істотно скорочується за рахунок концентрації на оновлених елементах. Застосування такого методу дозволяє створювати значну кількість вправ із заданими характеристиками при відносно невеликих витратах часу і не високою трудомісткістю процесу.

Необхідно відзначити, що застосування такого методу має істотний недолік – здобувачи швидко звикають до застарілих сценаріїв, що робить тренажерну підготовку нудною та одноманітною, тому що незначні зміни у характеристики завдання можуть викликати такі особливості:

- Швидке звикання курсантів та диспетчерів до застарілих конфліктних ситуацій.
- Втрата новизни, несподіванки та багатоваріантності вправ.
- Перетворення тренажерної підготовки на диспетчерських тренажерах на нудний, монотонний і давно вивчений процес.

Іншою стороною описаної проблеми незначних змін характеристик завдання може виступати ситуація, в якій курсант помилково розпізнає раніше виконане завдання та намагається виконати його за раніше отриманим досвідом, але стикається з новими обставинами, що призводить до необхідності підтримання високого рівня концентрації незалежно від "знайомих" умов.

Метод автоматизованого формування вправи передбачає використання спеціалізованого програмного інструментарію, який формує вправу у два

етапи: на першому етапі відбувається автоматичне формування вправи згідно з заданими параметрами, на другому етапі надається можливість змінити готову вправу відповідно до бачення інструктора. Цей метод розробки вправ можна розглядати як вдосконалення методу коригування раніше сформованих завдань. Його особливість полягає в автоматичному генеруванні базового шаблону, який потім доопрацьовується вручну.

Автоматичне створення вправи проводиться із застосуванням спеціалізованих програмних засобів, що дозволяють виконувати таку функцію. На сьогоднішній день єдиним доступним (для використання в рамках нашого дослідження) інструментом для реалізації такого методу є модуль генерації вправ, що входить до складу моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера.

Основним недоліком методів автоматичного та автоматизованого формування вправ є необхідність наявності спеціального програмного забезпечення та розробка алгоритмів автоматизації формування вправ. Розробка таких алгоритмів потребує великого обсягу часу та витрат.

Частоту використання методу ми оцінювали шляхом співвіднесення кількості його застосувань до загальної кількості сформованих завдань.

Коефіцієнти часу на формування та перевірку вправ дають уявлення про те, скільки часу експерти витрачають на створення та перевірку вправ у порівнянні з тривалістю самих вправ. Це співвідношення може допомогти визначити, який метод є більш економним з точки зору часу, а який – більш трудомістким.

1.2 Огляд та аналіз методів формування вправ з використанням комбінацій складових модулів

Прагнення до використання індивідуального підходу до навчання як одного з найбільш доступних та прогресивних методів підвищення якості навчання у процесі навчання курсантів факультету авіаційного менеджменту

у льотній академії Національного авіаційного університету та на робочих місцях у регіональних структурних підрозділах Украероруху ставить перед інструкторсько-методичним складом, відповідальним за складання стратегії навчання, завдання, виконання яких потребує нового підходу до створення вправ. Насамперед, ці завдання викликані потребою швидкого та якісного формування великої кількості вправ, що містять новизну та актуальність реалій сучасного процесу управління повітряним рухом, необхідних для підготовки курсантів та діючих диспетчерів на відповідних тренажерах. Як правило, традиційні підходи, які застосовуються як в академії, так і в тренажерних центрах регіональних структурних підрозділів Украероруху, не дозволяють оптимально вирішити це завдання.

Кожна вправа на тренажері є детально опрацьованим сценарієм, який максимально точно відтворює різноманітні авіаційні ситуації, з якими диспетчер може зіткнутися в реальній роботі. Тренажерні завдання – це своєрідні "проби" реальної професійної діяльності авіадиспетчера, що дозволяють йому відточити навички прийняття рішень в умовах обмеженого часу та підвищеної відповідальності. Методика передбачає створення вправ з різним ступенем складності, що дозволяє адаптувати навчання до індивідуальних потреб кожного курсанта. Тренажерні завдання можуть динамічно змінюватися в залежності від рівня підготовки диспетчера та його успіхів у виконанні попередніх завдань.

Найчастіше під час підготовки вправ для тренажерної підготовки авіаційних диспетчерів використовують такі підходи до формування вправ:

- ручне (з застосуванням спеціальних інструментів) створення вправи з «чистого аркуша», тобто повністю від початку і до кінця. В даному випадку інструктор самостійно формує вправу виходячи з власного розуміння поставленої задачі та застосовуваних правил та обмежень. Така методика вимагає від інструктора багатого досвіду як у професійній діяльності (робота авіадиспетчером) так і досвіду у складанні вправ;

- створення вправи на основі існуючого з внесенням змін і / або доповнень. При використанні такого методу за основу майбутнього вправ береться готова вправа (або кілька вправ) і на його основі за допомогою внесення змін і доповнень готується нова вправа;

- автоматизоване створення вправ із застосуванням спеціальних програмних засобів. Для застосування цього методу необхідні спеціальні інструменти та, швидше за все, готові набори "базових" вправ. Після автоматичного створення вправи спеціальними засобами (маються на увазі програмні засоби, тобто програми та алгоритми, що працюють на обчислювальній техніці), завдання перевіряється і при необхідності коригується інструктором;

- автоматичне створення вправ із застосуванням спеціальних програмних засобів. Це варіант попереднього методу, але у ньому відсутня етап коригування вправи інструктором. Застосування повністю автоматичного методу формування вправ вимагає наявності перевірених алгоритмів як формування вправ, і їх подальшої перевірки відповідності необхідним параметрам.

Кожна з цих методик передбачає створення цілих завдань, які мають свої особливості і спрямовані на виконання певних завдань.

Перші два описані нами способи характерні для тренажерних комплексів регіональних структурних підрозділів Украероруху та реалізуються засобами, що поставляються розробниками в комплекті з автоматизованими системами управління повітряним рухом. Автоматизований та автоматичний підходи до створення вправ реалізуються, наприклад, за допомогою спеціальних засобів формування вправ та успішно застосовувалися у льотній академії Національного авіаційного університету.

На етапі «формалізація завдання» відбувається розробка вимог до вправи а саме її тривалість, наявність і кількість піків інтенсивності, кількість повітряних суден, їх типи, умови виконання вправи і так далі. Наступним кроком є створення вправи відповідно розробленого завдання. Заключним

етапом йде перевірка відповідності створеного вправи заданим вимогам і, в разі невідповідності, доробка вправи. Етап перевірки відповідності, як правило, відбувається у вигляді «прогонки» завдання в тренажерній системі, яка провадиться або за допомогою виконання вправи оператором (як правило інструктором) або аналізом вправи засобами автоматизації перевірки вправ.

Процес розробки навчальних модулів є багатоетапним. Найбільший обсяг робіт припадає на етапи конструювання навчального контенту та його валідації. В середньому, на створення одного модуля витрачається кілька робочих днів.. Причому на початковому етапі створення вправи найбільше ресурсів йде на блок складання вправи, а на завершальному етапі найбільше часу займає «підгонка» вправи під вимоги.

Для скорочення часу створення і перевірку вправ ми пропонуємо використовувати методику модульної складання вправ. Основою такого підходу є формування бібліотеки готових фрагментів (модулів) вправ із заданими характеристиками, які надалі можуть бути використані для формування кінцевої вправи. Відповідно до цієї методики необхідно з'єднати готові (ззаздалегідь підготовлені, перевірені та формалізовані) модулі в необхідному порядку та перевірити відповідність вправі задачі.

Аналіз показав, що взаємне поєднання складових модулів вправ може відбуватися трьома способами:

1. Повне перекриття (або накладання) складових модулів. Цей спосіб має на увазі повне перекриття модулів при накладенні, яке відбувається, як правило, за рахунок суміщення початкових позицій модулів.

2. Часткове перекриття модулів має на увазі ситуацію, коли модулі накладаються один на одного частково. Для цього способу необхідно вказати дозволені точки сполучення. У системі формування вправ як дозволена точка закінчення модуля є час входу в сектор управління останнього повітряного судна в модулі.

3. Поєднання складових модулів вправи без перекриття. Точкою сполучення буде точка закінчення модуля – час виходу останнього

повітряного судна із сектора управління (власне час закінчення складового модуля).

Крім того необхідно відзначити, що при формуванні вправ з декількох модулів можливе комбінування перерахованих вище способів поєднання модулів. Графічне відображення способів поєднання модулів показано нами на рисунку 1.1.

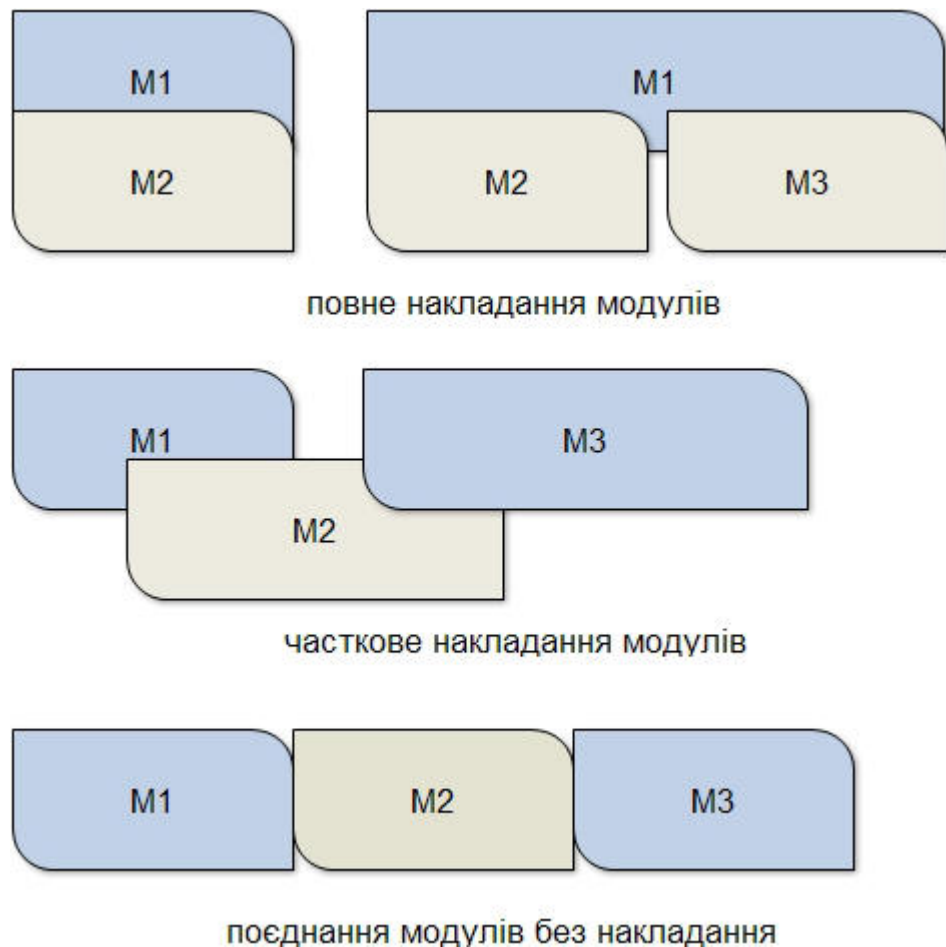


Рис.1.1 Способи поєднання складових модулів

Для виявлення недоліків і переваг запропонованого методу формування вправ, на базі моделюючого комплексу був проведений експеримент по формуванню вправ методом суміщення складових модулів вправи. Для проведення експерименту застосовувалися наперед сформовані складові модулі вправ, які створювалися із застосуванням модуля генерації вправ, що входить до складу моделюючого комплексу роботи

авіадиспетчера. Поєднання модулів різними способами проводилося у спеціально модифікованій версії моделюючого комплексу роботи диспетчера радіолокаційного контролю.

Детальний системний аналіз різних конфігурацій модулів дозволив всебічно оцінити їх сильні та слабкі сторони, що призвело до таких результатів:

- Повне накладення модулів у результаті призводить до найбільш непередбачуваних результатів при складанні вправи. Основним недоліком є те, що при використанні такого способу найчастіше відбуваються такі накладки планів польотів, що призводять до виникнення конфліктних та потенційно конфліктних ситуацій, для яких відсутня необхідний час для їх виявлення та вирішення. Спрогнозувати кількість та клас потенційно-конфліктних ситуацій при використанні такого способу дуже складно, а в ряді випадків і неможливо. У процесі проведення експериментів ми змогли отримати прогнозований результат при застосуванні такого способу. Таким чином, рекомендувати такий спосіб накладання складових частин вправи для формування ми не можемо.
 - Виходячи з виявлених нами недоліків методу повного накладання складових модулів вправ, рекомендувати такий спосіб для створення вправ можна тільки при попередньому ручному коригуванні планів польотів, що призводять до виникнення конфліктних та потенційно конфліктних ситуацій. Доцільність такої роботи для нас є дуже низькою.
- Метод часткового накладання складових модулів дає більш прогнозовані результати порівняно з раніше розглянутим методом повного накладання складових модулів. Найбільш уразливими фрагментами при використанні такого способу є фрагменти, які перекриваються при накладенні складових модулів. В результаті обробки результатів експерименту з формування вправ у такий спосіб було підготовлено низку рекомендацій, що дозволяють уникнути негативних наслідків накладення. Прикладом

може бути рекомендація щодо виключення однакових ешелонів (рівнів) польоту повітряних суден при вході та виході із зони управління.. Такими рекомендаціями є:

- Використовувати в складі складових модулів буферні ділянки розташовані у початковій або фінальній частині складового модуля, які дозволять уникнути не прогнозованих результатів. Наочне відображення застосування буферних ділянок у складових модулях вправ показано на рисунку 1.2.

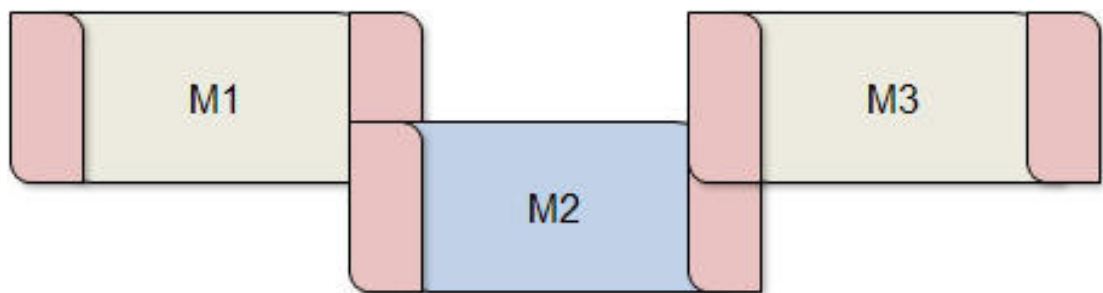


Рис.1.2 Часткове накладення модулів із застосуванням буферних ділянок

- Розробити спеціальні буферні модулі, що містять такі плани польотів повітряних суден, які гарантовано не призведуть до виникнення незапланованих потенційно-конфліктних ситуацій зі стартовими та фінальними фрагментами основних модулів та дозволять гарантовано поєднувати модулі між собою у будь-якому порядку. Наочне відображення застосування буферних модулів показано на рисунку 1.3.

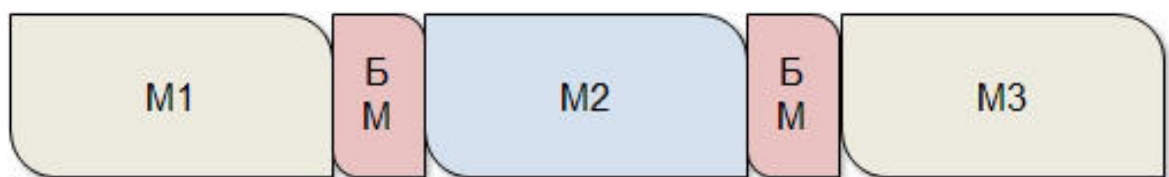


Рис.1.3 Часткове накладення модулів із застосуванням буферних модулів

- Розробити спеціальні шаблони суміщення модулів, в яких будуть передбачені параметри початку і закінчення модулів, що гарантовано не перетинають один одного. Наприклад, як ми вже зазначили вище, створити перелік ешелонів польотів, які не можуть бути використані (зайняті) повітряними суднами відділено для початку та закінчення складового модуля вправи. Наочне відображення застосування рекомендації з використання шаблонів суміщення показано на рисунку 1.4.

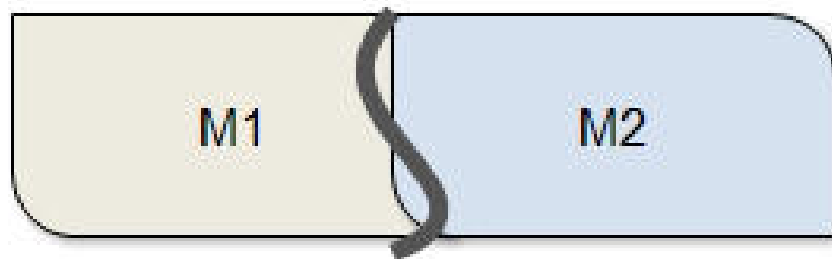


Рис.1.4 Часткове накладення модулів із застосуванням шаблонів суміщення

Вагомою перевагою використання способу поєднання з частковим накладенням модулів є рівномірний розподіл рівня інтенсивності повітряного руху в ділянках суміщення модулів і за умови усунення зазначених вище недоліків добре прогнозовані результати вправи, яка вийде в результаті такого суміщення складових модулів.

- Застосування методу поєднання модулів без накладання (можливо застосувати термін "в стик") дає максимально прогнозовані результати і дозволяє отримати вправи, в яких модулі можуть поєднуватися в довільному порядку. Основним виявленим нами в результаті експериментальної перевірки недоліком такого способу поєднання модулів вправи є просідання (тобто зменшення або спад) рівня інтенсивності

повітряного руху. Варто відзначити, що застосування цього способу поєднання складових модулів вправи добре підходить для формування вправ з явно вираженими піками інтенсивності (який стикався нам у рекомендаціях Євроконтролю щодо складання вправ). Графічне відображення рекомендації з використанням сполучення модулів без накладення показано на рисунку 1.5.



Рис.1.5 Сполучення модулів без накладення

Таким чином, в результаті проведеного експерименту, ми можемо рекомендувати методи часткового поєднання модулів та поєднання модулів без накладення як основні методи для застосування модульного формування вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів. Причому слід зазначити, що застосування методу поєднання складових модулів без накладення відмінно підходить для автоматизації формування вправ.

При проведенні другої частини експерименту фокусна група, якою виступили курсанти п'ятого курсу (перший курс магістратури), виконувала вправи, сформовані як із застосуванням традиційного підходу до створення вправ, так і із застосуванням модульного підходу. В результаті аналізу ходу та результатів виконання вправ, а також проведеного опитування учасників фокус-групи, були зроблені висновки, що свідчать про те, що вправи, сформовані із застосуванням модульного методу відповідають поставленим завданням і мають високу якість,

Далі по ходу експерименту було поставлено завдання складання вправ заданого рівня складності із застосуванням як традиційних методів, так і за допомогою методу модульного складання вправ. Метою цієї частини

експерименту було з'ясувати витрати часу на складання вправ із застосуванням різних методів. За умов завдання цієї частини експерименту необхідно було скласти вправи тривалістю близько 20 хвилин, в яких був передбачений один пік інтенсивності повітряного руху. Використання ускладнюючих факторів, а саме небезпечних умов та особливих випадків у польоті під час складання вправ не передбачено завданням. Експертами в ході експерименту було складено по 3 вправи із застосуванням кожного методу, виключаючи метод повністю автоматичного складання вправи. У таблиці 1.2 ми наведемо дані результатів середніх витрат часу на створення вправ експертами.

Слід врахувати, що при застосуванні модульного підходу час на складання готових фрагментів (модулів) не враховувався. Середній час створення модуля становить приблизно 110% тривалості створюваного фрагмента. Модулі складалися за допомогою методу автоматизованого створення вправ із застосуванням спеціальних програмних засобів (модуль SkyMaster, що входить до складу моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера).

Таблиця 1.2

Середній час складання вправи експертами

Експерт	<u>Підхід 1</u>	<u>Підхід 2</u>	<u>Підхід 3</u>	Модульний <u>підхід</u>
1	74	42	27	17
2	81	45	35	19
3	70	43	26	14
Середнє значення	75	43	29	16

Аналізуючи результати проведеного експерименту, ми дійшли висновку, що застосування модульного підходу до формування вправ

дозволяє значно (у рази в порівнянні з традиційним методом) скоротити витрати часу та праці висококласних фахівців (інструкторів) на створення великої кількості вправ із заданими параметрами.

1.3 Автоматизація при використанні методу формування вправ з використанням комбінацій складових модулів

Наступним кроком нашої роботи став аналіз завдання створення бібліотеки (реалізованої у вигляді бази даних) складових модулів вправ з урахуванням розроблених ознак (критеріїв) вдалося отримати наступну структуру, показану на рисунку 1.6.

Для організації процесу автоматизації формування вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів необхідно визначити критерії (переважно кількісні, тобто ті, які можна описати числовими значеннями), згідно з якими буде здійснюватись підбір складових модулів вправи. Необхідно особливо наголосити, що для кожного кількісного критерію необхідно визначити граничні числові значення (мінімальне, максимальне), а також визначити шкалу вимірювання.



Рис.1.6 Запропонована структура бази даних бібліотеки складових модулів

Далі ми розглянемо завдання підбору складових модулів при формуванні вправ із заданими характеристиками за заздалегідь визначеним шаблоном.

Аналіз завдання та проведені експерименти з формування вправ із складових модулів показали, що найбільш очевидними методами є наступні:

1. заміна місць (тобто перестановка) складових модулів у вправі;
2. заміна складових модулів вправи на інші складові модулі зі схожими параметрами (обов'язковою умовою є визначення ключових, тобто важливих для обраного модуля або вправи параметрів, а також допустимих відхилень по кожному з параметрів);
3. комбінація двох раніше описаних методів перестановки складових модулів у вправі із заміною складових модулів.

Давайте розглянемо кожен із запропонованих методів докладніше.

Спершу ми розглянемо перший метод, а саме заміну місць складових модулів вправи. У процесі підготовки здобувачів вищої освіти рівня магістр на практичних заняттях із застосуванням моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера був проведений експеримент, суть якого полягала в аналізі реакції здобувачів вищої освіти на ряд вправ, побудованих із застосуванням методу формування вправ з використанням комбінацій складових модулів. Вправ були складені з тих самих складових модулів, а відрізнялися між собою лише порядком розташування складових модулів у підсумковій вправі. Так як загальна сукупність даних (загальна тривалість вправи, кількість запланованих повітряних суден, планова кількість потенційно-конфліктних ситуацій та інше) складових модулів у вправах була абсолютно ідентичною, то вправи вважалися однаковими за формальними ознаками. Параметри повітряних суден, які відкривають і завершують кожен складовий модуль вправи були підібрані таким чином, щоб будь-яка комбінація модулів не давала нерозв'язних або незапланованих потенційно-конфліктних ситуацій. Вправи в експерименті були сформовані з трьох складових модулів.

Для такої комбінації (три різних складових модуля, що не повторюються, вправі) можливо шість варіантів. Для експерименту були використані лише три варіанти суміщення складових модулів, які показані на рисунку 1.7.

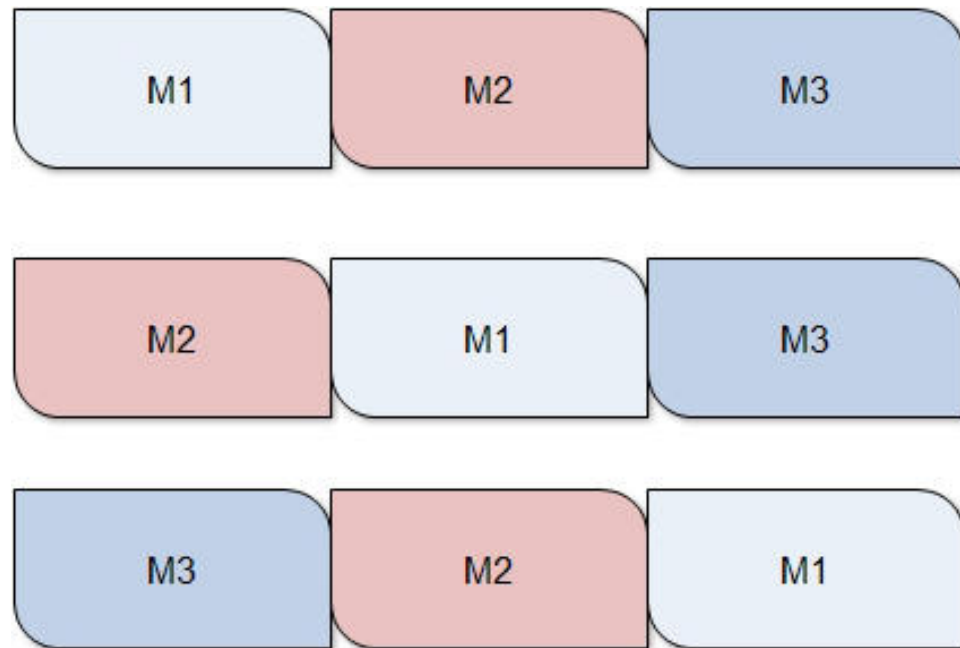


Рис.1.7 Схематичне відображення розташування складових модулів в експериментальних вправах

Після виконання вправ серед здобувачів вищої освіти було проведено опитування (у формі вільного інтерв'ю), метою якого було з'ясувати, наскільки на думку опитаних здобувачів вищої освіти вправи (за складністю та схожістю один з одним) різняться одна від одної. За результатами проведеного опитування з'ясувалося, що здобувачами вищої освіти вправи були визначені приблизно однакові за складністю, але жоден з опитаних не припустив, що всі три вправи за своєю суттю є однією і тією ж вправою, в якій складові модулі просто переставлені між собою. Тобто всі опитані здобувачі вищої освіти вважали, що виконали три різні (але однакові за складністю) вправи.

Перевагою такого методу є простота його застосування як при складанні вправи методистом, так і при використанні автоматизації, оскільки складання вправ методом перестановки блоків не потребує спеціальних навичок і знань. Потрібна лише початкова (батьківська) вправа, підготовлена

зі складових модулів. Слід зазначити, що зі збільшенням кількості складових модулів у вправі значно (в геометричній прогресії!) зростає кількість можливих варіантів вправ. Таким чином, для того, щоб ціла навчальна група здобувачів вищої освіти (20..25 осіб) отримала індивідуальні завдання, які не повторяться для жодного із здобувачів вищої освіти, достатньо батьківської вправи, складеної з 4 модулів.

На жаль, у запропонованого методу є деякі недоліки, які можуть проявитися у вправах із жорстко заданими параметрами інтенсивності (так званими піками інтенсивності), при яких взаємне розташування деяких (і, як один з варіантів - всіх) модулів неможливо змінювати. Одним із виходів із подібної ситуації можна розглядати об'єднання пов'язаних між собою модулів в один і застосовувати перестановку модулів з урахуванням зв'язків. Іншим варіантом вирішення такої ситуації є закріплення позиції ключових модулів з можливістю зміни позиції не закріплених складових вправи. Наочне уявлення закріплення ключових складових модулів у вправі показано рисунку 1.8, в якому складові модулі з закріпленими позиціями виділені кольором.

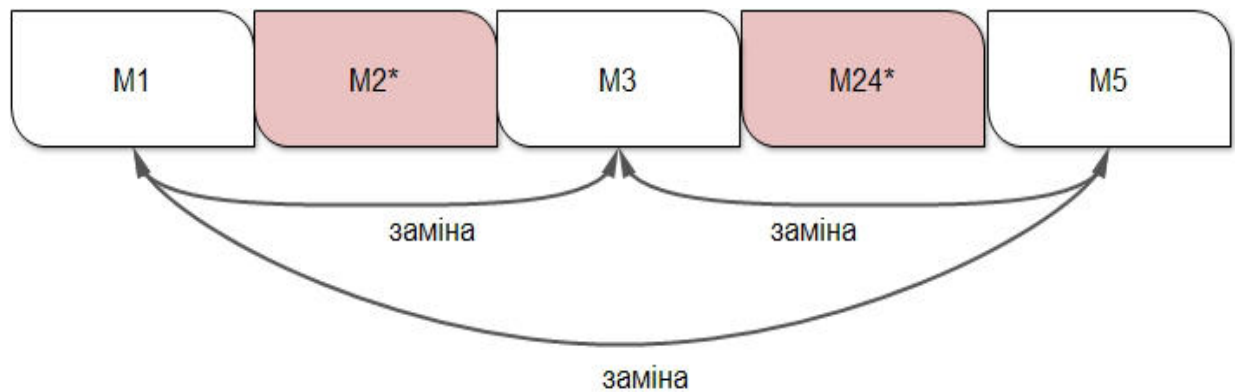


Рис.1.8 Наочне уявлення закріплення позиції ключових складових модулів у вправі

У наведеному на малюнку 1.9 прикладі в інтерпретаціях перестановки складових модулів ми обмежені модулями за номерами 1, 3 та 5. Позиції складових модулів номер два (пік інтенсивності 1) та номер чотири (пік інтенсивності 2) залишаються незмінними в будь-якій інтерпретації.

Саме аналіз недоліків методу зміни позиції складових модулів у вправі приводить нас до іншого методу, а саме заміни складових модулів вправи на складові модулі зі схожими параметрами (в межах допустимих відхилень за параметрами). Для проведення такої процедури насамперед необхідно визначити перелік критеріїв, які описують складовий модуль вправи та значення максимальних припустимих відхилень значень обраних критеріїв. Після підбору відповідних складових модулів заміни кількість варіантів вправ буде залежати від твору всіх можливих варіантів для кожного складового модуля. На рисунку 1.9 показаний варіант, в якому вправа складається з трьох модулів. Для першого складового модуля знайдено три варіанти заміни, для другого та третього - по два. Таким чином, у наведеному прикладі кількість можливих вправ дорівнюватиме $36 (4 * 3 * 3 = 36)$.

Ми бачимо переваги методу заміни складових модулів вправи на складові модулі зі схожими параметрами в передбачуваності результуючої вправи (яка при коректно підібраних модулях матиме однакові формальні характеристики) і великій кількості можливих варіантів вправ. До недоліків можна віднести наступні моменти:

1. потреба у великій кількості блоків в бібліотеці, так як для кожного "базового" модуля (тобто такого, який необхідно замінити у вправі) необхідно сформулювати декілька модулів заміни;
2. як наслідок з пункту 1 виникає потреба в проведенні попередньої підготовки бібліотеки складових модулів, яка вимагатиме великого обсягу трудових витрат та витрат часу кваліфікованих фахівців;
3. необхідність визначення відхилень від ключових характеристик модуля для заміни для кожної конкретної вправи для кожної конкретної вправи, хоча можливо обійти цю вимогу, якщо застосовувати підбір складових модулів з нульовим значенням відхилень за ключовими параметрами модуля.

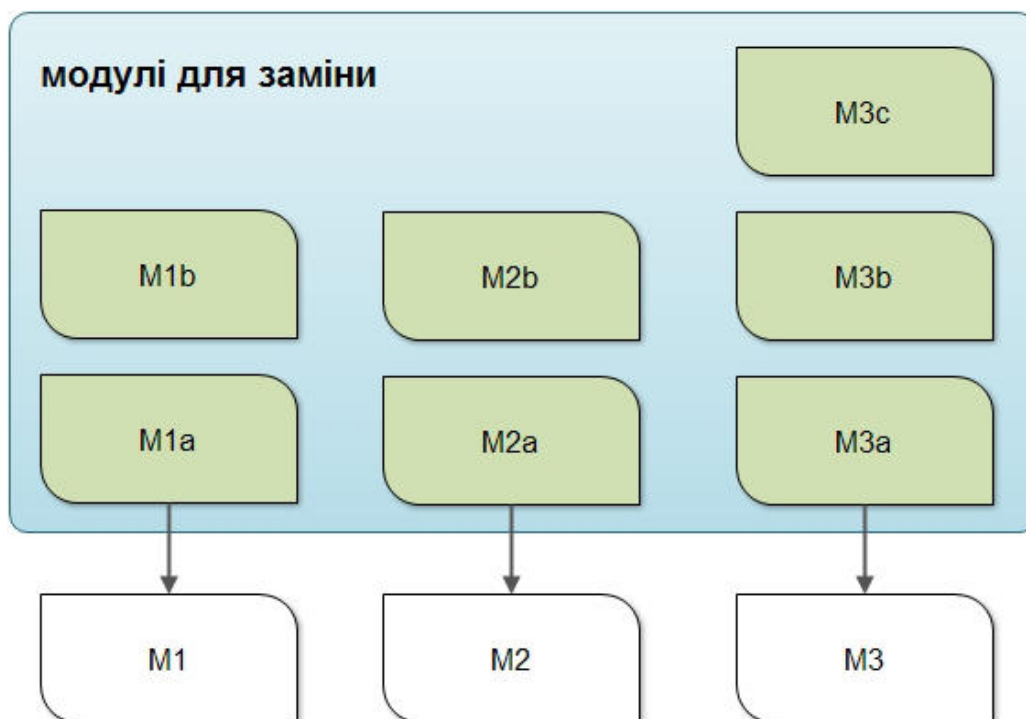


Рис.1.9 Заміна складових модулів вправи

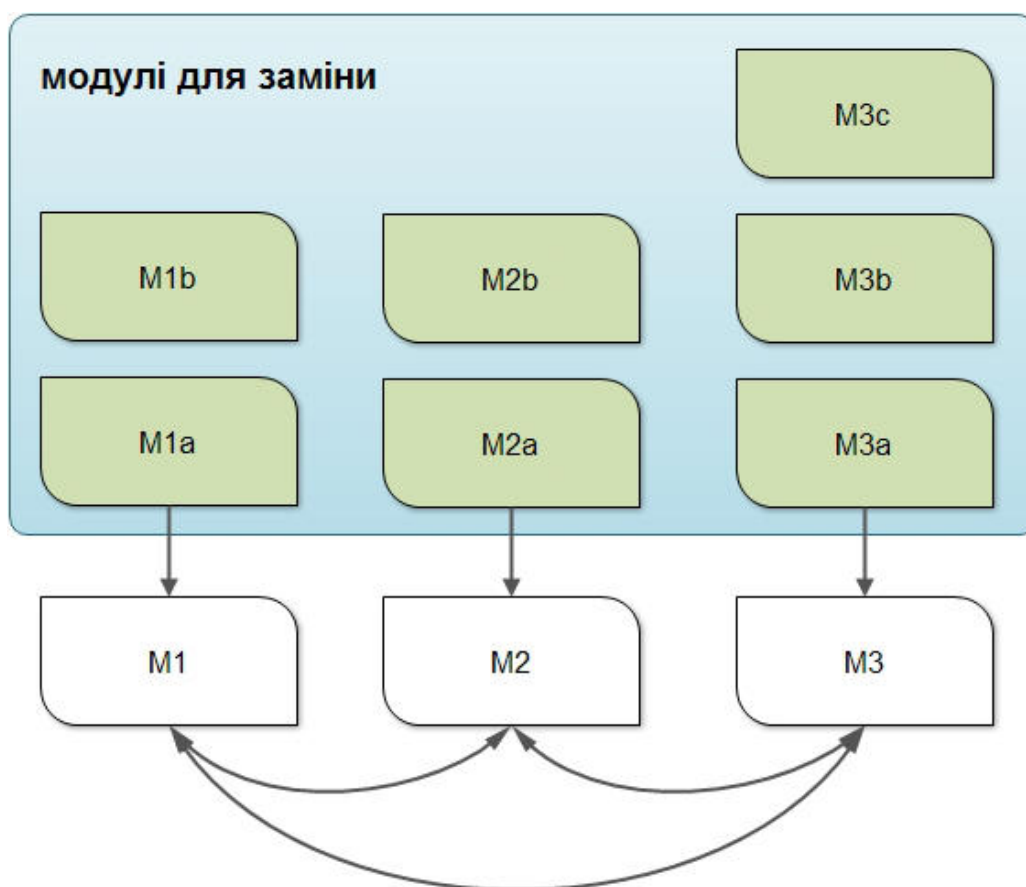


Рис.1.10 Комбінація методів перестановки і заміна складових модулів вправи

Необхідно відзначити, що всі недоліки методу заміни складових модулів вправи на складові модулі зі схожими параметрами пов'язані з необхідністю в наповненні бібліотеки складових модулів та можуть бути усунуті з часом при поступовому наповненні бібліотеки складними модулями вправ.

Нарешті, третій варіант компонування складових модулів у вправі є комбінацією перших двох методів - заміну складових модулів з одночасним застосуванням перестановки модулів. Переваги і недоліки методу комбінації перестановки і заміни складових модулів вправи повторюють переваги і недоліки двох «батьківських» методів. Застосування такого методу в результаті дозволить отримати таку кількість вправ із заданими параметрами, яка дозволить реалізовувати стратегію індивідуального навчання, при якій жоден із здобувачів вищої освіти жодного разу не повторить одну і ту ж вправу. Схема застосування такого методу показана на рисунку 1.10.

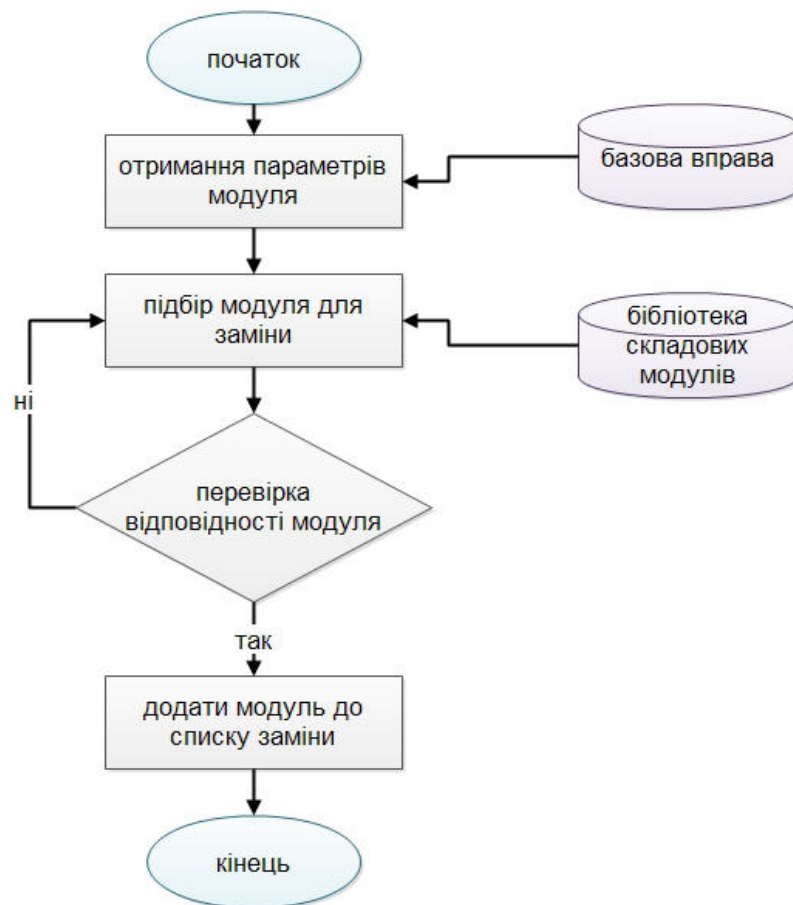


Рис.1.11 Алгоритм підбору складових модулів вправи

Очевидно, що на якість збірки складових блоків для складання вправ сильно впливає якісний опис блоку: чим більше формалізованих характеристик і точніше їх опис, тим більше можливість правильного підбору складового блоку.

Запропоновані нами методи формування вправ із застосуванням методу використання складових модулів вправ легко формалізуються і можуть застосовуватися в автоматизованих або навіть автоматичних системах формування вправ за заданим шаблоном із застосуванням бібліотеки складових модулів вправ. На рисунку 1.11 показаний алгоритм підбору складових блоків вправи для заміни базового складового блоку вправи.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВІТРЯНОГО РУХУ

Як ми визначили в попередньому розділі, для підвищення якості формування вправ методом підбору складових модулів, нам необхідно скласти максимально докладний опис складового блоку. Для застосування автоматизації процесу формування вправ модульним методом опис складових модулів має включати в себе характеристики, які можливо описати чисельно, тобто кількісні характеристики.

Наступним кроком нашого дослідження буде розгляд кількісних характеристик, що застосовуються для опису повітряного руху і кількісних характеристик безпеки польотів.

2.1 Огляд кількісних характеристик повітряного руху

Рух повітряних суден у секторі управління повітряним рухом характеризується певними показниками, у тому числі і кількісними характеристиками. До основних кількісних характеристик відносяться наступні:

- щільність повітряного руху;
- інтенсивність повітряного руху;
- пропускна здатність зони обслуговування повітряного руху;
- завантаженість диспетчера управління повітряним рухом і органів обслуговування повітряного руху;
- регулярність повітряного руху;
- безпека повітряного руху.

Всі ці характеристики, які мають своє числове вираження, несуть інформацію про повітряний рух як про процес. Для забезпечення безпеки польотів при управлінні повітряним рухом необхідно мати повне уявлення про весь процес, а не тільки про конкретні його складових. Наприклад, при

розслідуванні авіаційної події, пов'язаного з недоліками в управлінні повітряним рухом або організації повітряного руху, проводиться ретельний аналіз не тільки самої події, а й середовища, в якій працює авіадиспетчер, наприклад, наскільки авіадиспетчер був завантажений в момент розвитку авіаційної події, скільки екіпажів повітряних суден було на зв'язку в конкретний момент і в середньому за одну годину, наскільки ретельно та вдало спланована зона управління повітряним рухом. Розглянемо зазначені характеристики повітряного руху докладніше:

Щільність повітряного руху.

Щільність повітряного руху – це комплексний показник, що відображає інтенсивність використання повітряного простору у певному обсязі повітряного простору (наприклад, зоні управління повітряним рухом або окремою повітряною трасою). Під щільністю повітряного руху розуміється кількість повітряних суден, що одночасно знаходяться в одиниці об'єму повітряного простору (на повітряній трасі, заданому ешелоні, в зоні або секторі управління повітряним рухом). Щільність повітряного руху задається як функція, що визначає середню кількість повітряних суден одночасно що знаходяться в даному обсязі повітряного простору;

У практиці організації повітряного руху та практичного управління повітряним рухом показник щільності повітряного руху часто дається для ділянки повітряної траси, повітряного коридору, траєкторії (наприклад, стандартного маршруту прибуття SID або стандартного маршруту вильоту STAR повітряних суден) або сектору управління повітряним рухом.

У разі коли визначається загальна щільність повітряного руху для великої зони управління повітряним рухом (наприклад зони відповідальності регіонального структурного підрозділу), щільність повітряного руху характеризує загальну завантаженість зони управління повітряним рухом, проте не завжди є точною характеристикою завантаженості диспетчера з

огляду на можливості поділу зони управління повітряного руху на сектори або напрямки руху.

У реальній діяльності найчастіше визначаються дві кількісні характеристики густини повітряного руху – середнє значення у певний календарний період і пікова густина повітряного руху, тобто найбільше досягнуте значення.. Висока щільність повітряного руху є основним показником насичення осей системи управління повітряним рухом. Коли фактична щільність перевищує максимально допустиме значення, можуть мати місце такі негативні наслідки:

- затримки виконання запланованих рейсів;
- відправка повітряних суден, що прибувають, в зони очікування або ж на запасні аеродроми;
- порушення запланованого розкладу руху повітряних суден;
- додаткова витрата палива повітряними суднами та, як наслідок, зниження економічних показників;
- перевантаженість на аеродромах.

Інтенсивність повітряного руху.

Інтенсивність повітряного руху – це динамічний показник, який безперервно змінюється під впливом різних факторів, таких як фактор планування, метеорологічна обстановка в секторі управління повітряним рухом та суміжних секторах, наявність заборон та обмежень на використання повітряного простору. Його точне визначення та аналіз є найважливішими завданнями для забезпечення безпеки та ефективності цивільної авіації. Він відображає кількість повітряних суден, які фактично увійшли до зони управління повітряним рухом за одиницю часу.

Значення інтенсивності повітряного руху залежать від ряду факторів і в першу чергу від пропускної здатності секторів управління повітряним рухом. При використанні автоматизованих систем управління повітряним рухом всіх типів нормативні значення інтенсивності повітряного руху і кількості

повітряних суден, що одночасно можуть знаходитися на управлінні в секторі управління повітряним рухом, збільшуються на 20% по відношенню до типового нормативу.

При закритті ешелонів в секторах (наприклад при запровадженні заборон і обмежень, виконання польотів відомчих повітряних суден тощо), розділених по напрямку, нормативні значення інтенсивності повітряного руху і кількості повітряних суден, що одночасно знаходяться на управлінні авіадиспетчера, повинні бути знижені:

- при закритті одного ешелону - на 5-10%;
- при закритті двох ешелонів - на 15-20%;
- при закритті трьох та більше ешелонів - на 25-30%.

У складній метеорологічній або повітряній обстановки, що вимагає зміни планів польотів повітряних суден, нормативні значення інтенсивності повітряного руху і кількості повітряних суден можуть бути знижені на величину до 25 відсотків. При закритті змінних секторів нормативні значення інтенсивності повітряного руху і кількості повітряних суден повинні бути знижені на 25-30 відсотків.

Пропускна здатність зони управління повітряним рухом.

Пропускна здатність зони управління повітряним рухом – це кількісна характеристика, що визначає максимальну кількість повітряних суден, які можуть бути безпечно обслужені в цій зоні органами управління повітряним рухом за одиницю часу за дотримання існуючого регламенту безпосереднього управління повітряним рухом (всіх чинних нормативних актів та стандартних процедур). Необхідно враховувати, що пропускна здатність зони управління повітряним рухом – це динамічний показник, який постійно змінюється під впливом різних чинників. Постійний моніторинг та аналіз цього показника є найважливішими завданнями для забезпечення безпеки та ефективності повітряного руху. Пропускна здатність зони залежить від чинників:

1) встановлених норм ешелонування повітряних суден (горизонтального ешелонування та вертикального ешелонування, причому у разі вертикального ешелонування необхідно звернути особливу увагу на обсяги повітряного простору, в яких використовуються норми скороченого мінімуму вертикального ешелонування RVSM, в яких у певних випадках одночасно можуть застосовуватися два різні мінімуми вертикального ешелонування).

2) організації управління повітряним рухом;

3) швидкості руху повітряних суден в межах сектора управління повітряним рухом (наприклад для зони зльоту та посадки повітряних суден порівняно із зоною районного диспетчерського центру різниця швидкостей повітряних суден може бути дуже значною);

4) розмірів та геометрії зон управління повітряним рухом;

5) методів управління і регулювання руху повітряних суден;

6) рівня підготовки авіадиспетчерів.

Розрізняють фактичну і розрахункову пропускну здатність зони. Фактична пропускна здатність зони управління повітряним рухом це кількість повітряних суден, фактично обслужених в зоні управління повітряним рухом за одиницю часу при одному або декількох каналах обслуговування.

Розрахункова пропускна здатність зони управління повітряним рухом це максимально можлива кількість повітряних суден, яка може бути обслужена в зоні за одиницю часу при заданому часу обслуговування одного повітряного судна.

При дії факторів, що ускладнюють процедури управління повітряним рухом, нормативи пропускну здатності повинні бути знижені:

- при заборонах і обмеженнях - на 20%;

- в складних метеорологічних умовах та наявності небезпечних метеорологічних умов із сектором управління повітряним рухом - на 20%;

- при змішаному літако-потоці - на 15%

- при об'єднанні секторів управління повітряним рухом - на 20-25%;
- при наявності більше чотирьох коридорів входу-виходу - на 10-15%;
- при зміні робочого курсу зльоту-посадки на аеродромі сектору управління повітряним рухом - на 10-15%.

Регулярність повітряного руху

Регулярність руху повітряних суден є одним з основних кількісних комплексних показників, що визначають, рівень авіаційного обслуговування та характеризують організованість і злагодженість роботи всіх служб управління повітряного руху, планування польотів та наземного обслуговування.

Регулярність відправлень як співвідношення кількості регулярних вильотів до запланованої кількості регулярних вильотів і, як правило, виражається у відсотковому співвідношенні. Аналогічно до попереднього значення, регулярність виконання рейсів визначається як співвідношення кількості рейсів, виконаних регулярно до кількості запланованих рейсів та виражається у відсотковому співвідношенні.

Під визначенням відправлення повітряного судна слід розуміти початок руху повітряного судна після запуску двигунів. Відправлення вважається регулярним, якщо зліт повітряного судна проведений не пізніше розрахункового часу зльоту. В цьому випадку під розрахунковим часом злету розуміється час відправлення, встановлений розкладом (планом польоту повітряного судна), плюс час відведений на рулювання та виконання процедур забезпечення безпеки польотів.

При затримках, які не перевищують значення 15 хвилин, відправлення вважається регулярним, якщо повітряне судно прибуло в аеропорт першої посадки за маршрутом польоту у встановлений планом польотів повітряного судна час.

Під визначенням прибуття повітряного судна розуміється зупинка повітряного судна на пероні після зарулювання або буксирування.

Безпека повітряного руху

І нарешті ми розглянемо найважливіший показник ефективності повітряного руху, зокрема безпеку повітряного руху. Забезпечення безпеки польотів – це комплексна система заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків та забезпечення безпечних умов експлуатації повітряних суден. Це безперервний процес, що вимагає постійного вдосконалення та адаптації до змінних умов. Безпека польотів є комплексним показником, що включає сукупність складових, кожна з яких визначає одну з її сторін.

У цивільній авіації безпека польотів забезпечується виконанням вимог концепції безпеки польотів. Залежно від конкретних умов застосування, концепція безпеки польотів може мати різні варіанти трактування, наприклад:

- a) нульовий рівень авіаційних подій або серйозних інцидентів;
- b) відсутність факторів небезпеки, тобто таких факторів, які можуть знизити рівень безпеки польотів та призвести до небажаних наслідків;
- c) ставлення співробітників авіаційних організацій, включаючи членів екіпажів повітряних суден, авіаційних диспетчерів та співробітників служб забезпечення польотів, до небезпечних дій чи умов;
- d) уникнення помилок дотримання нормативних положень при виконанні польотів повітряних суден, управлінні повітряним рухом чи технічному забезпеченні.

Незалежно від інтерпретації в їхній основі лежить одна загальна мета - можливість максимально можливого (а в ідеальному випадку – абсолютного) контролю. Нульовий рівень подій, відсутність факторів ризику тощо мають на увазі, що можна (за допомогою введеної системи або заходів) поставити під контроль в авіаційному експлуатаційному контексті всі змінні параметри, які можуть призвести до негативних наслідків, що завдають шкоди.

Найбільш значущими причинами і передумовами авіаційних подій з вини системи організації повітряного руху та безпосереднього управління повітряним рухом є наступні:

- незадовільна організація управління повітряним рухом;
- незадовільна організація повітряних трас, зон і районів управління повітряним рухом, повітряного простору в районі аеродрому;
- низький професійний рівень фахівців управління повітряним рухом;
- низький рівень дисципліни фахівців служби управління повітряним рухом;
- незадовільна професійна діяльність персоналу служби управління повітряним рухом.

Здатність до підтримки прийнятного рівня безпеки польотів є одним із основних завдань сучасної авіаційно-транспортної системи. В даний час для оцінки безпеки польотів використовуються якісні та кількісні показники. До найбільш поширених загальних кількісних показників безпеки польотів, які використовуються для оцінки ефективності функціонування авіаційної транспортної системи, належать середній наліт на одну авіаційну подія та середня кількість польотів, що припадає на одну авіаційну подію.

Як показники безпеки польотів при регулярних повідомленнях усіма країнами-членами Міжнародної організації цивільної авіації використовуються наступні співвідношення:

- 1) кількість катастроф на 100 млн. кілометрів нальоту:

$$K_1 = \frac{n_{кат} \cdot 10^8}{L_1}$$

де n – кількість катастроф за аналізований період;

L_1 – наліт в кілометрах за той же період;

- 2) кількість катастроф на 100 тис. годин нальоту:

$$K_2 = \frac{n_{кат} \cdot 10^5}{L_2}$$

де L_2 – наліт в годинах за аналізований період;

- 3) кількість катастроф на 100 тис. польотів:

$$K_3 = \frac{n_{кат} \cdot 10^5}{N}$$

де N – кількість польотів за аналізований період;

4) кількість загиблих пасажирів на 1 млн. перевезених пасажирів:

$$K_4 = \frac{i \cdot 10^6}{L_4}$$

де i – кількість загиблих пасажирів за аналізований період;

L_4 - кількість перевезених пасажирів за той же період;

5) кількість загиблих пасажирів на 100 млн. виконаних пасажиро-кілометрів перевезень:

$$K_5 = \frac{i \cdot 10^6}{L_5}$$

де L_5 – обсяг перевезень в пасажиро-кілометрах за аналізований період.

Основною метою якісної оцінки безпеки польотів є виявлення найбільш небезпечних груп факторів, які здатні призвести до виникнення ситуацій у польоті, які можуть негативно позначитися на безпеці польотів (наприклад особливих ситуацій у польоті), та вироблення комплексів заходів щодо запобігання авіаційним подіям.

При аналізі стану безпеки польотів при управлінні повітряним рухом в практиці використовуються й інші порівняльні показники, наприклад:

- вплив віку диспетчерського складу, який розраховується як відношення перемноження загальної кількості авіадиспетчерів та кількості порушень при управлінні повітряним рухом, допущених обраною віковою групою до перемноження кількості порушень при управлінні повітряним рухом за досліджуваний період часу та кількості авіадиспетчерів обраної вікової групи,
- клас диспетчерського складу, який розраховується як відношення перемноження загальної кількості авіадиспетчерів та кількості порушень при управлінні повітряним рухом, допущених даною класифікаційною групою до перемноження кількості порушень при

управлінні повітряним рухом за досліджуваний період часу та кількості авіадиспетчерів даної класифікаційної групи,

- стаж роботи диспетчерського складу, який розраховується як відношення перемноження загальної кількості авіадиспетчерів та кількості порушень при управлінні повітряним рухом, допущених даною групою з певним стажем роботи до перемноження кількості порушень при управлінні повітряним рухом за досліджуваний період часу та кількості авіадиспетчерів даної групи з певним стажем роботи.

Безпека повітряного руху є комплексним показником, що включає сукупність складових, кожна з яких визначає одну з її сторін. Рівень безпеки польотів є однією з основних характеристик роботи всієї системи організації та управління повітряним рухом. Безпека польотів це комплексна характеристика повітряного транспорту та авіаційних робіт, що визначає здатність здійснювати польоти без загрози для життя і здоров'я людей. Основними факторами, що безпосередньо впливають та визначають безпеку польотів, є льотна експлуатація повітряних суден, загальний стан авіаційної та наземної техніки, вплив зовнішнього середовища, насамперед метеорологічних умов та географічних особливостей, якість наданого управління повітряним рухом.

Мета якісної оцінки безпеки польотів - виявлення потенційно небезпечних груп несприятливих факторів для забезпечення необхідного рівня безпеки польотів, причин їх виникнення та можливих наслідків. В результаті якісної оцінки не визначається кількісний рівень безпеки польотів, а лише висловлюється судження про ступінь потенційної небезпеки наслідків різних несприятливих факторів, намічається ряд заходів щодо підвищення рівня безпеки польотів.

Застосування критеріїв кількісної оцінки безпеки польотів ґрунтується на розвитку методів математичної статистики і теорії ймовірностей.

Критерії кількісної оцінки рівня безпеки польотів застосовуються при аналізі стану проблеми безпеки польотів в світі, в кожній окремій країні. У цивільній авіації дані критерії використовуються при оцінці рівня безпеки польотів як у галузі в цілому, так і в регіональних управліннях.

В даний час для кількісної оцінки безпеки польотів знайшли застосування статистичні і імовірнісні показники, які можуть бути абсолютними і відносними, загальними і приватними. Загальні показники характеризують безпеку польотів в цілому по всім причин, приватні - по конкретним причин або групі причин.

2.2 Визначення пропускної здатності сектора управління повітряним рухом

Однією з кількісних характеристик вправи (або складового модуля вправи) може служити пропускна здатність сектора управління повітряним рухом и співвідношення пропускної спроможності сектора управління повітряним рухом до реальної завантаженості у вправі (або складовому модулі вправи).

Значення пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху визначається на підставі коефіцієнту гранично-допустимої (максимальної) завантаженості диспетчера управління повітряним рухом, при якій виникають ризики невиконання в повному обсязі технологічних операцій при наданні районного диспетчерська обслуговування або диспетчерському обслуговування підходу.

Коефіцієнт гранично-допустимої завантаженості диспетчера визначається відношенням часу виконання технологічних операцій у відповідному секторі обслуговування повітряного руху до загального часу роботи такого диспетчера управління повітряним рухом, впродовж якого здійснюється визначення пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху.

Час зайнятості диспетчера управління повітряним рухом, який витрачається на технологічні операції, повинен піддаватися хронометражу. Необхідно враховувати такі особливості:

1) Хронометраж технологічних операцій може проводитися за допомогою засобів об'єктивного контролю автоматизованої системи управління повітряним рухом або з використанням секундоміру.

2) Хронометраж використання диспетчером управління повітряним рухом радіотехнічних засобів або засобів автоматизованої системи управління повітряним рухом та внутрішньо секторної координації (виконання пультових операцій та координацію між диспетчером радіолокаційного контролю (виконавчим) та диспетчером планувальником) проводиться відповідним спостерігачем для кожного диспетчера управління повітряним рухом окремо з використанням секундоміру.

3) При роботі на секторі обслуговування повітряного руху двох диспетчерів управління повітряним рухом час зайнятості визначається для кожного робочого місця окремо, при цьому значення пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху визначається за значенням завантаженості робочого місця найбільш завантаженого диспетчера.

Гранично допустимий показник завантаженості диспетчера управління повітряним рухом за одну годину роботи не може перевищувати значення **0,7**.

Відношення між коефіцієнтом завантаженості диспетчера управління повітряним рухом та основними складовими цього коефіцієнту встановлюється такими формулами:

$$K_{зав.дисп.} = (K_0 + K_{кс} + K_{нк}),$$

$$\text{де, } K_0, K_{кс}, K_{нк} = f(\lambda)$$

$$N = \frac{\lambda \times T_{сер}}{T_{заг}},$$

де: K_0 - визначається відношенням часу, який витрачається у середньому для здійснення технологічних операцій при відсутності конфліктних ситуацій, до загального часу роботи диспетчера управління повітряним рухом, на часовому інтервалі якого здійснюється визначення пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху:

$$K_0 = \frac{\sum T_{\text{без кс}}}{T_{\text{заг.}}},$$

де, $\sum T_{\text{без кс}}$ – загальний обсяг часу, який витрачається диспетчером управління повітряним рухом на технологічні операції при відсутності конфліктних ситуацій в часовому інтервалі, на якому, здійснюється оцінювання пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху;

$K_{\text{кс}}$ - визначається відношенням часу, який витрачається диспетчером управління повітряного руху у середньому на технологічні операції у відповідному секторі обслуговування повітряного руху для вирішення потенційно - конфліктних ситуацій та конфліктних ситуацій, до загального часу роботи диспетчера управління повітряним рухом, на часовому інтервалі якого здійснюється визначення пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху:

$$K_{\text{кс}} = \frac{\sum T_{\text{кс}}}{T_{\text{заг.}}},$$

де, $\sum T_{\text{кс}}$ – загальний обсяг часу, який витрачається диспетчером управління повітряним рухом на технологічні операції, пов'язані з вирішенням потенційно - конфліктних ситуацій та конфліктних ситуацій у визначений час, в інтервалі якого здійснюється визначення пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху;

$K_{\text{нк}}$ - визначається відношенням часу, який витрачається диспетчером управління повітряного руху у середньому в конкретному секторі обслуговування повітряного руху при здійсненні взаємодії з суміжними органами обслуговування повітряного руху, роботі із стріпами або іншими засобами додаткового контролю повітряної обстановки, роботі з плановою

системою, інші пультові операції тощо, до загального часу роботи диспетчера управління повітряним рухом, на часовому інтервалі якого здійснюється визначення пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху:

$$K_{нк} = \frac{\sum T_{нк}}{T_{заг.}},$$

де, $\sum T_{нк}$ – загальний обсяг часу, який витрачається диспетчером управління повітряним рухом на технологічні операції при здійсненні взаємодії з суміжними органами обслуговування повітряного руху по усім повітряним суднам, роботі зі стріпами або іншими засобами додаткового контролю повітряної обстановки, роботі з плановою системою автоматизованої системи управління повітряним рухом тощо, до загального часу роботи диспетчера управління повітряним рухом на часовому інтервалі якого здійснюється оцінювання пропускної спроможності конкретного сектора обслуговування повітряного руху;

При роботі на секторі обслуговування повітряного руху одночасно двох диспетчерів управління повітряним рухом та виконанні на робочому місці планувальника зазначених функцій, цей коефіцієнт не береться до уваги при розрахунку коефіцієнту завантаженості диспетчера управління повітряним рухом та відповідно до пропускної спроможності конкретного сектора обслуговування повітряного руху.

λ - загальна кількість повітряних суден, яким надається диспетчерське обслуговування повітряного руху за загальний час роботи диспетчера управління повітряним рухом на часовому інтервалі якого здійснюється визначення пропускної спроможності конкретного сектора обслуговування повітряного руху;

N – загальна кількість повітряних суден, яким одночасно надається диспетчерське обслуговування повітряного руху у відповідному секторі обслуговування повітряного руху;

$T_{сер.}$ - середній час перебування повітряних суден у конкретному секторі обслуговування повітряного руху. Середній час перебування повітряних суден у конкретному секторі обслуговування повітряного руху розраховується на підставі статистичних даних за період не менш одного місяця.

Слід зазначити, що при визначенні пропускної спроможності сектора обслуговування повітряного руху за визначений інтервал робочого часу береться одна година, та у формулах час приводиться до однієї одиниці виміру, як правило секундам.

Оцінка величини K_0 виконується за допомогою вимірювання реальних витрат часу на виконання усіх технологічних операцій за умов відсутності конфліктних ситуацій у відповідному секторі обслуговування повітряного руху. Оцінка величини $K_{кс}$ полягає у вимірюванні реальних витрат часу диспетчера управління повітряним рухом для вирішення потенційно-конфліктних та конфліктних ситуацій. Оцінка величини $K_{нк}$ виконується на підставі вимірювання витрат часу на виконання технологічних операцій, не пов'язаних з радіообміном із повітряними суднами. В сучасних автоматизованих системах управління повітряним рухом ці функції виконуються на робочому місці диспетчера планувальника.

Облік характеру технічного оснащення радіотехнічним обладнанням робочих місць органів обслуговування повітряного руху, функціональності автоматизованої системи управління повітряним рухом повинен виконуватися при оцінці поопераційної завантаженості диспетчера управління повітряним рухом, тобто при визначенні складу технологічних операцій для проведення хронометражу та при оцінюванні величин K_0 , $K_{кс}$ та $K_{нк}$.

Урахування особливостей і технологічних операцій при оцінці завантаженості диспетчера управління повітряним рухом може бути здійснено, як і при врахуванні технічного оснащення робочих місць органів

обслуговування повітряного руху, так і за допомогою визначення переліку технологічних операцій, які підлягають хронометражу в кожному конкретному секторі обслуговування повітряного руху.

Застосовуючи метод аналогії (як у випадку з безпекою і регулярністю повітряного руху в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера), ми пропонуємо наступні критерії:

- завантаженість авіадиспетчера - планова завантаженість авіадиспетчера, що показує коефіцієнт завантаженості при еталонному виконанні вправи (складового модуля вправи);

- коефіцієнт безконфліктно операцій - плановий коефіцієнт безконфліктно операцій, з тією лише різницею, що необхідно визначити час технологічних операцій з повітряними судами, які не беруть участі в розвитку потенційно-конфліктної ситуації. Час може визначатися як експериментальним шляхом, так і розрахунком щодо кількості запланованих операцій на середній час операції;

- коефіцієнт конфліктних операцій - плановий коефіцієнт конфліктних операцій, з тією лише різницею, що необхідно визначити час технологічних операцій з повітряними судами, які беруть участь у розвитку потенційно-конфліктної ситуації. Час може визначатися як експериментальним шляхом, так і розрахунком щодо кількості запланованих операцій на середній час операції.

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДОВИХ МОДУЛІВ ВПРАВ

Як ми визначили в попередньому розділі нашої роботи, найбільший інтерес в якості методу, на основі якого ми зможемо побудувати модель автоматизації формування вправ для диспетчерських тренажерів, представляє метод модульного формування вправ, тобто такий, в якому підсумкова вправа є сукупністю складових модулів вправи, зібраних за певними правилами.

3.1 Аналіз існуючих кількісних характеристик модулів вправ

В результаті проведеного експертного опитування, в якому взяли участь 8 експертів, була складена зведена таблиця ознак, які доцільно використовувати для докладної класифікації складових блоків вправ. Анкетування проводилося дистанційно.

Слід зазначити, що в умовах заповнення анкети зазначено, що складові модулі вправи не можуть включати в себе наступні елементи: метеорологічні умови (включаючи небезпечні метеорологічні явища), особливі випадки в польоті (відмови авіаційної техніки, випадки незаконного втручання і т.п.), заборони і обмеження на використання повітряного простору, відмови засобів спостереження і т.д. Це обмеження пов'язане з тим, що в застосовуваній в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера методикою, дані елементи не відносяться до планової інформації вправи, а можуть бути додані до вже існуючих завдань в якості додаткових факторів, що ускладнюють або підвищують якість моделювання динамічної повітряної обстановки. Підсумковий список ознак показаний в таблиці 3.1.

Слід зазначити, що загальна кількість ознак класифікації відрізняється від кількості, запропонованого в анкеті. Це пов'язано з тим, що ряд ознак був доданий експертами в процесі проведення експертного опитування.

Таблиця 3.1

Ознаки класифікації складових модулів вправ

№	Найменування показника	Опис
1	Зона відповідальності	Код зони управління, <u>для якої</u> складено модуль
2	Тривалість модуля	Загальний час виконання модуля
3	Кількість активних ПС в модулі	Кількість ПС, які будуть на управлінні
4	Загальна кількість ПС в модулі	Загальна кількість ПС, включаючи ті, які не будуть на управлінні (так звані фонові ПС)
5	Планова кількість ПКС	Запланована кількість ПКС
6	Кількість <u>піків</u> інтенсивності	Запланована кількість <u>піків</u> інтенсивності
7	Максимальна кількість ПС на управлінні одночасно	Заплановане максимальну кількість ПС, які перебувають на управлінні одночасно
8	Кількість ПС по класах	Кількість ПС по кожному класу
9	Параметри входу першого ПС в модулі	Параметри (просторові координати) входу в зону управління першого ПС
10	Параметри виходу останнього ПС в модулі	Параметри (просторові координати) виходу із зони управління останнього покидає зону ПС

Існуючі кількісних характеристики, зазначені в таблиці 3.1, можна розділити на дві групи: технічні (описують дані, необхідні для поєднання модулів у вправі) і ті, що безпосередньо характеризують вправу (складовий модуль вправи).

Для кращого розуміння кожної характеристики і її приналежності до групи дамо розширений опис характеристик. Розглянемо та опишемо технічні характеристики:

1. Зона відповідальності (ознака 1) - характеристика, що показує прив'язку даного модуля вправи до конкретного обсягу повітряного простору. Зрозуміло, що в описі модуля вправи обов'язково повинно бути вказано, для якого сектора управління повітряним рухом створюється вправа (складовий модуль вправи). Необхідно відзначити, що складові модулі вправ можуть бути використані при створенні вправ для секторів, складовими частинами яких є зони відповідальності, для яких модуль вправи розроблявся. Прикладом такої ситуації може служити створення вправи при об'єднанні секторів управління повітряним рухом.

2. Параметри входу першого повітряного руху в складовому модулі (ознака 9) - характеристика, що містить в собі параметри входу в сектор управління повітряним рухом першого повітряного судна, з якого і починається модуль. Це комплексна характеристика, що включає в себе час і просторові координати (географічні координати і висота або рівень входу повітряного судна). Необхідність цієї характеристики викликана вимогою сумісності модулів вправ при їх суміщенні. В окремих випадках виключно для стартового (першого) складового модуля вправи перше повітряне судно (або кілька повітряних суден) може вже знаходитися всередині сектора управління повітряним рухом. Така ситуація є цілком реальною, оскільки у практичній діяльності авіадиспетчер може розпочинати управління повітряним рухом за наявності на управлінні повітряних суден.

3. Параметри виходу останнього повітряного судна в модулі (ознака 10) - характеристика, що містить в собі параметри виходу з сектора управління повітряним рухом останнього повітряного судна, яким закінчується складовий модуль. Це комплексна характеристика, що включає в себе час і просторові координати (географічні координати і висота / рівень виходу

повітряного судна). Необхідність цієї характеристики викликана вимогою сумісності модулів вправ при їх можливому суміщенні.

Параметри характеристик входу першого повітряного судна і виходу останнього повітряного судна суміщаються модулів повинні виключати ситуації, коли при поєднанні модулів між цими повітряними суднами можливий розвиток конфліктної ситуації. У практиці розробки складових модулів вправ найчастіше застосовується ситуація із застосуванням для першого або останнього повітряного судна певних коридорів (маршрутів) входу та виходу та певних ешелонів (висот) польоту.

Кількісні характеристики (ознаки 2 - 8) описані в таблиці 3.1, тому окремого опису їх ми приводити не будемо.

3.2 Вдосконалення моделі кількісних характеристик складових модулів вправ

В результаті проведеного аналізу кількісних характеристик повітряного руху, кількісних характеристик безпеки польотів і пропускну здатності сектора управління повітряним рухом ми можемо скласти зведену таблицю з кількісними характеристиками вправ (складових модулів вправ), показану в таблиці 3.2.

У наступному підрозділі нашої роботи ми провели аналіз існуючих напрацювань щодо визначення характеристик складових модулів вправ.

Після складання переліку характеристик, показаного нами в таблиці 3.2, отриманого за допомогою аналізу напрацювань, ми провели декомпозицію факторів, що впливають на складність вправи (складового модуля вправи) і отримали додаткових перелік кількісних характеристик, які впливають на складність вправи (складового модуля вправи), який показаний в таблиці 3.3.

**Кількісні характеристики вправи (складового модуля вправи),
отримані в результаті аналізу вимог документів**

№	Найменування характеристики	Одиниця виміру	Опис характеристики
1	Щільність ПР	кількість /од. часу	Кількість ПС, що одночасно знаходяться в одиниці об'єму ПП (на повітряній трасі, заданому ешелоні, в зоні або секторі УПР)
2	Інтенсивність ПР	кількість /од. часу	Кількість ПС, які фактично надійшли в зону УПР за одиницю часу
3	Пропускна здатність зони ОПР	кількість /од. часу	Кількість ПС, які можуть бути обслужені в даній зоні органом УПР за одиницю часу при дотриманні існуючого регламенту безпосереднього УПР
4	Планова регулярність ПР	число	Співвідношення обслужених рейсів ПС з витримкою критеріїв регулярності до загальної кількості обслугованих рейсів ПС
5	Кількість запланованих конфліктних ситуацій на одиницю часу	кількість /од. часу	Кількість запланованих КС у вправі (модулі вправи) за одиницю часу. Необхідно приводити дане значення до загальної одиниці часу, наприклад до 1 години
6	Планова завантаженість диспетчера	число	Коефіцієнт завантаженості при еталонному виконанні вправи (модуля вправи)
7	Плановий коефіцієнт безконфліктно операцій	число	Співвідношення часу на виконання технологічних операцій з ПС, які не беруть участі в розвитку ПКС, до загального часу вправи (модуля вправи)
8	Плановий коефіцієнт конфліктних операцій	число	Співвідношення часу на виконання технологічних операцій з ПС, які беруть участь у розвитку ПКС, до загального часу вправи (модуля вправи)

Таблиця 3.3

Кількісні характеристики вправи (складового модуля вправи)

№	Найменування характеристики	Одиниця виміру	Опис характеристики
1	Планова щільність конфліктних ситуацій	число	Співвідношення кількості запланованих КС до загального часу вправи (модуля вправи). Співвідношення обчислюється для еталонного виконання вправи (модуля вправи)
2	Планова щільність розвитку конфліктних ситуацій	число	Співвідношення часу з кількістю ПКС більше середнього до загального часу розвитку ПКС. Співвідношення обчислюється для еталонного виконання вправи (модуля вправи)
3	Планова інтенсивність конфліктних ситуацій	число	Співвідношення кількості запланованих КС до загальної кількості активних ПС у вправі
4	Максимальна кількість ПКС, що розвиваються одночасно	ціле число	Запланована характеристика
5	Еталонна щільність безконфліктних ситуацій	ціле число	Співвідношення часу управління ПС без розвитку КС до загального часу вправи (модуля вправи). Співвідношення обчислюється для еталонного виконання вправи (модуля вправи)

Наведені в таблиці 3.3 кількісні характеристики дають чудовий ґрунт для аналізу ефективності вирішення конфліктних ситуацій, яких навчають. Наприклад, якщо при порівнянні характеристики «Еталонна щільність розвитку конфліктних ситуацій» з отриманим в результаті виконання вправи

учнем значення виявиться, що останнім менше, то можна зробити висновок, що той, якого навчають застосував більш ефективні методи вирішення потенційно-конфліктних ситуацій, ніж ті, які використані в еталонному проходженні вправи. З урахуванням того, що така оцінка може здійснюватися автоматично (і навіть в режимі реального часу для певних сегментів вправи), використання таких інструментів дозволить підвищити якість формування індивідуальної стратегії навчання для здобувачів вищої освіти.

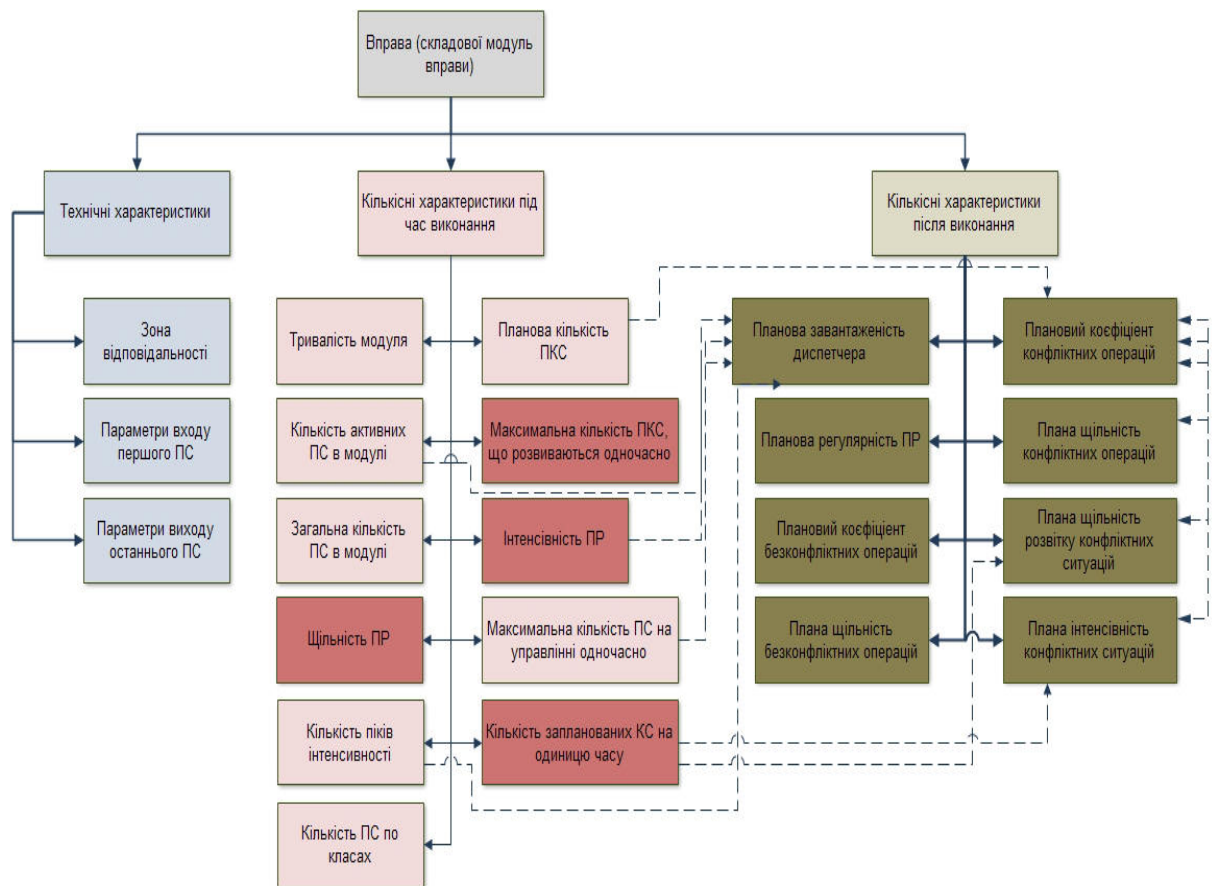


Рис.3.1 Модель характеристик вправи (складового модуля вправи)

У підсумку ми отримали список з 22 (тобто додано 12 характеристик!) Характеристик вправи (складового модуля вправи). Для представлення моделі характеристик ми згрупували їх у три групи:

1. Технічні характеристики - описують дані, необхідні для поєднання модулів у вправі. Їх опис наведено в підрозділі 3.1 нашої роботи;

2. Кількісні характеристики під час виконання - характеристики, які безпосередньо підраховуються у вправі (складеному модулі вправи). Наприклад, до таких характеристик відносяться час вправи, кількість повітряних суден у вправі, кількість запланованих конфліктних ситуацій у вправі.

3. Кількісні характеристики після виконання - характеристики, які обчислюються, як співвідношення характеристик. Прикладом можуть служити щільність і інтенсивність конфліктних ситуацій.

Графічне представлення розробленої нами моделі з поділом по групах технічних, кількісних визначених і кількісних обчислюваних характеристик показано на рисунку 3.1.

Таблиця 3.4

Технічні характеристики вправи (складового модуля вправи)

№	Найменування характеристики	Опис характеристики
1	Зона відповідальності	Код зони управління, для якої складено модуль
2	Параметри входу першого ПС в модулі	Параметри (просторові координати) входу в зону управління першого ПС
3	Параметри виходу останнього ПС в модулі	Параметри (просторові координати) виходу із зони управління останнього покидає зону ПС

Список технічних характеристик який не піддавався змінам.

У запропонованій нами моделі крім груп характеристик показані зв'язку між характеристиками груп. Слід зазначити, що кількість цих зв'язків може збільшуватися і вивчення зв'язків є одним з напрямків подальших досліджень.

У таблицях 3.4, 3.5 і 3.6 ми згрупували характеристики, що входять до розроблену модель, за відповідними групами.

Таблиця 3.5

Кількісні характеристики під час виконання вправи (складового модуля вправи)

№	Найменування характеристики	Опис характеристики
1	Тривалість модуля	Загальний час виконання модуля при еталонному виконанні вправи (складового модуля вправи)
2	Кількість активних ПС в модулі	Кількість ПС, які будуть на управлінні
3	Загальна кількість ПС в модулі	Загальна кількість ПС, включаючи ті, які не будуть на управлінні (так звані фонові ПС - присутні у вправі, але вони не попадають на управління диспетчеру)
4	Щільність ПР	Кількість повітряних суден, що одночасно знаходяться в одиниці об'єму повітряного простору (на повітряній трасі, заданому ешелоні, в зоні або секторі УПР). Дана характеристика може вказуватися як для всього сектора управління, так і для окремих його елементів.
5	Кількість піків інтенсивності	Заплановане у вправі (складеному модулі вправи) кількість піків інтенсивності
6	Планова кількість ПКС	Запланована кількість потенційно-конфліктних ситуацій
7	Кількість ПС по класах	Кількість ПС по кожному класу
8	Інтенсивність ПР	Кількість повітряних суден, які фактично надійшли в зону УПР за одиницю часу
9	Максимальна кількість ПКС, що розвиваються одночасно	Максимальна кількість потенційно-конфліктних ситуацій, які розвиваються одночасно при еталонному виконанні вправи (складового модуля вправи)
10	Максимальна кількість ПС, які перебувають на управлінні одночасно	Максимальна кількість повітряних суден, що перебувають одночасно на управлінні при еталонному виконанні вправи (складового модуля вправи)

Кількісні обчислювані характеристики вправи (складового модуля вправи)

№	Найменування характеристики	Опис характеристики
1	Планова завантаженість диспетчера	Коефіцієнт завантаженості при еталонному виконанні вправи (складового модуля вправи)
2	Планова регулярність ПР	Співвідношення обслужених рейсів ПС з витримкою критеріїв регулярності до загальної кількості обслугованих рейсів ПС
3	Плановий коефіцієнт безконфліктно операцій	Співвідношення часу на виконання технологічних операцій з ПС, які не беруть участі в розвитку ПКС, до загального часу вправи (складового модуля вправи)
4	Планова щільність безконфліктно операцій	Співвідношення часу УПР без розвитку конфліктних ситуацій до загального часу вправи (модуля вправи). Співвідношення обчислюється для еталонного виконання вправи (модуля вправи)
5	Плановий коефіцієнт конфліктних операцій	Співвідношення часу на виконання технологічних операцій з ПС, які беруть участь у розвитку ПКС, до загального часу вправи (складового модуля вправи)
6	Планова щільність конфліктних операцій	Співвідношення часу управління повітряним рухом з розвитком конфліктних ситуацій до загального часу вправи (складового модуля вправи). Співвідношення обчислюється для еталонного виконання вправи (складового модуля вправи)
7	Планова щільність конфліктних ситуацій	Співвідношення кількості запланованих в конфліктних ситуацій до загального часу вправи (складового модуля вправи). Співвідношення обчислюється для еталонного виконання вправи (складового модуля вправи)
8	Планова інтенсивність конфліктних ситуацій	Співвідношення кількості запланованих конфліктних ситуацій до загальної кількості активних ПС у вправі

В результаті проведених нами досліджень нами були додані 4 характеристики: щільність повітряного руху, інтенсивність повітряного руху, максимальна кількість потенційно-конфліктних ситуацій, що розвиваються одночасно і кількість потенційно-конфліктних ситуацій на одиницю часу.

Група кількісних характеристик після виконання вправи, що включає в себе 8 характеристик вправи для тренажерної підготовки, в попередньої моделі характеристик ця група була відсутня повністю. Особливістю цієї групи характеристик є те, що для їх отримання (обчислення нормативних значень) необхідно провести еталонне проходження вправи. Еталонним ми вважаємо таке проходження вправи, при якому досягнуті всі цілі вправи і вирішені всі поставлені завдання. Як правило, еталонне проходження вправи проводиться на етапі його створення та перевірки інструктором.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано традиційні методи формування вправ для тренажерної підготовки, зокрема ручне, автоматичне і автоматизоване формування вправ, а також метод коригування раніше створених вправ. Розглянуто модульний метод формування вправ, для автоматизації якого необхідно розширити перелік кількісних характеристик складового модуля вправи.
2. Вивчено існуючі напрацювання з проблеми визначення основних кількісних характеристик повітряного руху і безпеки польотів, проаналізовано збірник документації «Пропускна здатність сектора ОНР» Укрероруху.
3. Проаналізовано існуючу модель кількісних характеристик вправ (складових модулів вправ) для тренажерів авіадиспетчерів, що застосовується в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера.
4. За результатами аналізу існуючих напрацювань та вимог керівних документів істотно (з 7 до 19) розширено перелік кількісних характеристик вправ (складових модулів вправ).
5. В рамках удосконаленої моделі характеристик вправи (складового модуля вправи) визначено 3 групи характеристик: технічні, кількісні характеристики під час виконання і кількісні характеристики після виконання вправи. Побудована модель характеристик, яка показує розподіл характеристик вправ за групою та взаємозв'язок між ними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Safety Regulation Group. CAP 718. Human Factors in Aircraft Maintenance and Inspection (previously ICAO Digest No. 12) / Safety Regulation Group. TSO: 2002. p. 56.
2. Керівництво щодо планування обслуговування повітряного руху. / Doc 9426-AN/924. 2-е вид. Монреаль: ICAO, 2002. 522 с.
3. Додаток 2 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Правила польотів. / 10-е вид. Монреаль: ICAO, 2005. 80 с.
4. Додаток 4 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Аеронавігаційні карти. / 11-е вид. Монреаль: ICAO, 2009. 176 с.
5. Додаток 11 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Обслуговування повітряного руху. / 13-е вид. Монреаль: ICAO, 2001. 114 с.
6. Керівництво із запобігання авіаційним подіям. / Doc 9422-AN/924. 1-е вид. Монреаль: ICAO, 1984. 150 с.
7. Міжнародна організація цивільної авіації. Річна доповідь ради. / Doc 9921, Монреаль: ICAO, 2010. 218 с.
8. Ron Westrum. Human factors experts beginning to focus on organizational factors in safety / ICAO Journal. 1996. vol. 51 #8. p. 6-7.
9. Організація повітряного руху. Правила аеронавігаційного обслуговування / Doc 4444. 16-е вид. Монреаль: ICAO, 2016. 508 с.
10. 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).
11. 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).

12. 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).

13. 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).

14. 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).

15. Інформаційний бюлетень 09/2024 / Національне бюро з розслідувань на транспорті. Жовтень 2024, 8 с.

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

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

18. Людський фактор в управлінні та організації / Циркуляр ІКАО №247. Монреаль: ІКАО, 1994. 35 с.

19. Основні принципи обліку людського фактора у системах організації повітряного руху (АТМ) / Doc 9758 – AN/966. Монреаль: ІКАО, 2000. 149 с.

20. Збірник документації «Пропускна спроможність сектора ОПП РДЦ (ДОП)» / Державне підприємство обслуговування повітряного руху України, 22.06.2010, Київ 2010. 27 с.
21. Настанова з управління безпекою польотів (НУБП). / Doc 9859 AN/474. 3-є вид. 2013. 300с.
22. Прогноз розвитку повітряного транспорту до 2025 року. / Циркуляр ICAO 313 - AT/134/ Монреаль: ICAO, 2007. 165 с.
23. Керівництво щодо створення та роботи авіаційних навчальних центрів. / Doc 9401 AN/921. 1983. 103 с.
24. Людський чинник. Підготовка льотного екіпажу: оптимізація роботи екіпажу в кабіні (CRM) та льотна підготовка в умовах, наближених до реальних (LOFT): збірник матеріалів № 2. / Циркуляр ICAO 217-AN/132. Монреаль: ICAO 1989. 73 с.
25. Харченко В.П. Аеронавігація: навч. посіб. / Київ: Книжкове вид-во НАУ, 2008. 272 с.
26. Харченко В.П., Луппо О. Є., Аргунов Г. Ф., Закора С. А. Ризики зіткнення та ешелонування повітряних кораблів : навч. посіб. / Київ: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2011. 340 с.
27. Керівництво з розслідування авіаційних подій та інцидентів. Частина I. Організація та планування. / Doc 9756 AN/965. 2015. 162 с.
28. ICAO Statistical Yearbook - Civil Aviation Statistics of the World 1998-1999. / Doc 9180. 2001. 74 p.
29. Додаток 13 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Розслідування авіаційних подій. / Видання 11-е. Монреаль: ICAO, 2016. 74 с.
30. Посібник з представлення даних про авіаційні події та інциденти (Настанова ADREP) / Doc 9156 AN/900. Монреаль: ICAO, 1987. 94 с.
31. Мелтон К.Е. Помилка людини в авіації може бути навмисною, ненавмисною або відображає рівень кваліфікації / Бюлетень ICAO, Офіційне видання міжнародної організації цивільної авіації, 1988. №4(12).

32. Посібник з навчання у сфері людського чинника / Doc 9683 AN/950. Монреаль: ICAO, 1998. – 370 с.
33. Документація до сесії Асамблеї у 2013 році. Річна доповідь ради / Doc 9975 AN/950. Монреаль: ICAO, 2011. 186 с.
34. Глобальна дорожня карта безпеки польотів. Стратегічний план дій щодо безпеки польотів / ICAO, Партнерство «Безпека польотів», 2008.
35. Матеріали 11-ої аеронавігаційної конференції. / ICAO, ANConf 11-WP 2063/11/03, 2003 р.
36. Самойлов В.Д., Березніков В.П., Писаренко О.П. Автоматизація побудови тренажерів та навчальних систем: Київ: Наукова думка, 1989. 200 с.
37. Петрунін М.В. Вдосконалення методів формування вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів: Пояснювальна записка дипломного проекту. ЛА НАУ, 2013.
38. Синєглазов В.М., Борсук С.П., Ільницька С.І. Проблеми побудови процедурного тренажера. *Вісник КДПУ ім. Остроградського*. №3(50). 2008. с. 51-53.
39. Биковцев І.С., Дем'янчук В.С., Клименко В.О. Ефективність використання повітряного простору України авіаційним транспортом: Київ: ДП ОПР України, 2008. 368 с.
40. Cardosi M., Elizabeth D. 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.)
41. Керівництво з кваліфікаційної системи підготовки та оцінки персоналу з електронних засобів для забезпечення безпеки повітряного руху / Doc 10057. Монреаль: ICAO, 2017. 208 с.
42. Словник з міжнародної цивільної авіації. / Doc 9713. 3-е вид. Монреаль: ICAO, 2007. 832 с.

43. Isaac A. B. Air Traffic Control: Human Performance Factors: Ashgate Publishing Ltd., Aldershot, Hants, UK, 1999. (ISBN 0-291-39854-5.)
44. Hopkin V. Human Factors in Air Traffic Control: Taylor&Francis Ltd, London, UK, 1995. (ISBN 0 7484 03574.)
45. Reason J.T. Managing the risks of organizational accidents: Ashgate Publishing Ltd. Aldershot, Hants, UK, 1997. (ISBN 1-84014-104-2 or 1-84014-105-0.
46. Людський чинник. Експлуатаційні наслідки в обладнаних передовою технікою кабінах екіпажу: збірник матеріалів № 5. / Циркуляр ICAO 234-AN/142. Монреаль: ICAO, 1992. 53 с.
47. Boeing. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959 -2006. Aviation Safety Boeing Commercial Airplanes. / Boeing. Seattle, Washington: 2007. 26 с.
48. EUROCONTROL Specification for the ATCO Common Core Content Initial Training / Edition 1.0, Edition date 21.10.2008. 300 с.
49. Правила аеронавігаційного обслуговування. Підготовка персоналу. / ICAO Doc 9868.Montreal: ICAO, 2006. 90 с.
50. Землянський В.А. Аналіз методів формування вправ для тренажерної підготовки авіадиспетчерів. *«Innovative Scientific Research: Balance of Theory and Practical Application»*: матеріали XIII Міжнародн. наук.-практ. конф., March 6-8, 2024, Brussels, Belgium, International Scientific Unity, 2024. 246 р.
51. Землянський В.А. Формування вправ з використанням комбінацій складових модулів. *«АВІАЦІЯ, ПРОМИСЛОВІСТЬ, СУСПІЛЬСТВО»*: матеріали V Міжнародн. наук.-практ. конф., 16 травня 2024 року, м. Кременчук.