

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ

Факультет авіаційного менеджменту
Кафедра аеронавігації, метеорології та організації повітряного руху

БОРОВІКОВА АНАСТАСІЯ ОЛЕКСІЇВНА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Модель небезпечних ділянок льотного поля для аеродрому Київ

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.п.н., _____ В.О. Красножон

Робота захищена:

« _____ » _____ 2025 р.

з оцінкою _____

Голова ЕК _____

Кропивницький 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Створення відповідного програмно-апаратного забезпечення для надання та перевірки знань, моделювання робочого місця та надання фахівцеві можливості відпрацьовувати навички та вміння через імітацію реального середовища є важливою та невід'ємною умовою якісної підготовки фахівців в авіаційній галузі України. Тренажери, які здатні виконувати всі перераховані вище функції, як інструмент навчання, мають велике значення у підготовці пілотів і диспетчерів і використовуються для їх навчання, перепідготовки або підвищення кваліфікації.

Підготовка авіадиспетчерів цивільної авіації складається з двох частин - теоретичної підготовки та практичної (тренажерної) підготовки. Вдосконалення методів тренажерної підготовки з урахуванням застосування індивідуального підходу є головною метою даної роботи.

В дипломній роботі проведені дослідження, в результаті яких розроблено модель визначення порушень при русі повітряних суден по льотному полі аеродрому, спосіб побудови сигнальних ділянок на льотному полі та спосіб розрахунку їх геометричного розміру, розроблено критерії виявлення порушень при русі повітряних суден по льотному полю із застосуванням моделі небезпечних ділянок.

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

ANNOTATION

The creation of appropriate software and hardware for providing and receiving knowledge, simulating the inspection of the workplace and providing specialists with the opportunity to practice skills and abilities through the simulation of a real environment is an important and integral condition for the quality training of specialists in the aviation industry of Ukraine. Simulators that are capable of possessing all the listed higher functions, as a training tool, are of great importance in the training of pilots and controllers and are used for their training, retraining or advanced training.

The training of air traffic controllers of civil aviation consists of two parts - theoretical training and practical (exercise) training. Improvement of the training methods taking into account the application of an individual approach is the main purpose of this work.

In the thesis, a study was carried out, as a result of which a model was developed for the identification of aircraft formed during movement on the airfield, a method of constructing signal areas on the airfield and a method of calculating their geometric size, criteria for detecting aircraft formed during movement on the airfield were developed using the model of dangerous areas.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ОПЕРАЦІЙ НА ЗЛІТНО-ПОСАДКОВІЙ СМУЗІ	9
1.1 Розвиток положень ІКАО щодо злітно-посадкових смуг	10
1.2 Застосування систем управління і контролю наземного руху	17
1.3 Огляд авіаційних подій, які пов'язані з виконанням операцій на льотному полі	20
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЛЬОТНОГО ПОЛЯ АЕРОПОРТУ ЖУЛЯНИ	25
2.1 Опис аеропорту «Київ» (Жуляни)	25
2.2 Структура збереження даних в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера	31
2.3 Визначення небезпечних ділянок на льотному полі аеродрому Жуляни	40
РОЗДІЛ 3. ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШЕНЬ ПРИ РУСІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ПО ЛЬОТНОМУ ПОЛЮ	46
3.1 Основні функціональні вимоги до систем контролю наземного руху	46
3.2 Огляд існуючої моделі визначення порушень при здійсненні контролю наземного руху повітряних суден	54
3.3 Рекомендації до вдосконалення системи наземного руху повітряних суден	60
3.4 Моделювання сигнальних ділянок на прикладах типів повітряних суден	68
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	73

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АДВ	аеродромно-диспетчерська вишка
АП	авіаційна подія
АТ	авіаційний транспорт
БП	безпека польотів
ЗПС	злітно-посадкова смуга
КП	керівник польотів
МК	моделюючий комплекс
МС	місця стоянок
ТЗ	транспортний засіб
ОПР	обслуговування повітряного руху
ОрПР	організація повітряного руху
ПКС	потенційно конфліктна ситуація
ПР	повітряний рух
ПС	повітряне судно
РД	руліжна доріжка
РДЦ	районний диспетчерський центр
УПР	управління повітряним рухом
АР	airport
SARPs	Standart and Recommended practice
SMGCS	Surface Movement Guidance & Control System
ICAO	International Civil Aviation Organization
RVR	Runway Visual Range

ВСТУП

Безпека польотів є головним пріоритетом діяльності Міжнародної організації цивільної авіації. Для того щоб здійснювати постійне підвищення рівня безпеки польотів, важливо щоб відбувалось планування на глобальному, регіональному та державному рівнях. Протягом останніх декількох років Міжнародна організація цивільної авіації використовувала підхід до просування безпеки міжнародної цивільної авіації з більшою орієнтацією на практичні дії. Організація удосконалює практику управління безпекою шляхом впровадження систем управління безпекою польотів - для постачальників аеронавігаційного обслуговування, та реалізації відповідної програми щодо забезпечення безпеки польотів - для регулятивних органів.

Міжнародна організація цивільної авіації продовжує встановлювати пріоритети в трьох сферах забезпечення безпеки польотів: підвищення безпеки операцій на ЗПС, скорочення кількості авіаційних подій з причини зіткнення справного повітряного судна із землею та скорочення кількості авіаційних подій та інцидентів, пов'язаних із втратою керування в польоті.

Злітно-посадкова смуга аеропорту - це по суті те, з чого починається і чим закінчується кожен політ будь-якого повітряного судна, - від найбільшого комерційного реактивного лайнера до самого маленького приватного літака. Нові дані за останні кілька років показують, що Злітно-посадкова смуга - це також і одна з зон найбільшого ризику.

У Європі та Північній Америці вже досить успішно працюють над вирішенням проблем безпеки операцій на злітно-посадкових смугах. Близько десяти років тому почалися дослідження по визначенню кореляції між зростанням обсягу перевезень і збільшенням числа несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу.

Однією з найважливіших передумов якісної підготовки фахівців в авіаційній галузі України є створення відповідного програмно-апаратного

забезпечення для перевірки знань, моделювання робочого місця і надання фахівцям можливості відпрацьовувати навички та вміння.

Метою дослідження є розробка та обґрунтування моделі небезпечних ділянок льотного поля аеродрому Київ (Жуляни).

Для досягнення мети роботи нами поставлені та вирішені наступні **завдання**:

1. Провести аналіз причин виникнення порушень при операціях на льотному полі.
2. Вивчити напрацювання Міжнародної організації цивільної авіації щодо виявлення та зниження ризиків операцій на льотному полі.
3. Розробити критерії визначення та побудови небезпечних ділянок на льотному полі.
4. Розробити критерії виявлення порушень при наземному русі повітряних суден по льотному полю із застосуванням моделі небезпечних ділянок.
5. Побудувати модель небезпечних ділянок на прикладі аеродрому Жуляни, провести моделювання з метою підтвердження працездатності моделі небезпечних ділянок.

Об'єкт дослідження – процес керування рухом повітряних суден та наземного транспорту в межах льотного поля аеродрому Київ (Жуляни) з боку диспетчера управління повітряним рухом.

Предмет дослідження – модель льотного поля аеродрому Київ (Жуляни).

Методи, використані в роботі:

В роботі використовувалися наступні **методи теоретичного рівня**:

- метод аналізу проводився з метою дослідження в області безпеки польотів відповідно до людського фактору, а також регламентуючих документів з питань діяльності диспетчера управління повітряним рухом,

літературних джерел з питань відбору та структуруванню навчального матеріалу;

- метод узагальнення проводився з метою обґрунтування актуальності проблеми дослідження, визначення основних положень законодавчої бази щодо діяльності диспетчера управління повітряним рухом;
- метод моделювання використовується в роботі для побудови моделі льотного поля аеродрому Київ (Жуляни) та моделі небезпечних ділянок в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера.

В роботі використовуються такі **методи емпіричного рівня**:

- спостереження проводилося з метою збору інформації щодо сигнальної та буферної зони в межах льотного поля аеродрому Київ (Жуляни);
- метод експертних оцінок використовується для отримання думки фахівців у кількісній формі щодо визначення небезпечних ділянок в межах льотного поля аеродрому Київ (Жуляни). Головним інструментом методу експертних оцінок було анкетування;
- анкетування використовується для упорядкування за змістом та формою набору питань стосовно небезпечних ділянок льотного поля, що вміщені на одному аркуші паперу.

Наукова новизна: у роботі було запропоновано вдосконалена модель визначення порушень при русі повітряних суден по льотному полі аеродрому, спосіб побудови сигнальних ділянок на льотному полі та спосіб розрахунку їх геометричного розміру, розроблено критерії виявлення порушень при русі повітряних суден по льотному полю із застосуванням моделі небезпечних ділянок.

Практичне значення: результати дипломного дослідження можуть бути використані в навчальних закладах з підготовки фахівців для служби руху, тренажерних і сертифікаційних центрах для підвищення ефективності професійної підготовки диспетчерського складу на робочих місцях аеродромної диспетчерської вишки та руління.

Публікації: результати дослідження були опубліковані в наукових тезах:

1. Боровікова А.О., Землянський А.В., Модель визначення порушень при зайнятті повітряним судном злітно-посадкової смуги / XXV Міжнародна науково-практична конференція «CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC RESEARCH IN TODAY'S CONDITIONS» (May 29-31, 2024) Florence, Italy, International Scientific Unity, 2024. 227 p.

2. Боровікова А.О., Красножон В.О., Аналіз вимог до систем контролю наземного руху / 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

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ОПЕРАЦІЙ НА ЗЛІТНО-ПОСАДКОВІЙ СМУЗІ

Забезпечення безпеки польотів в системі міжнародного повітряного транспорту лежить в основі місії Міжнародної організації цивільної авіації і має принципово важливе значення для світової спільноти. Безпека - це концепція, яка повинна включати відносні, а не абсолютні поняття, в силу чого, в безпечної за своєю суттю системі слід допускати наявність факторів ризику для безпеки польотів. На землі безпека польотів повинна забезпечуватись в зоні льотного поля, а також на злітно-посадковій смузі аеропорту.

Існують випадки, коли аеродромний диспетчер після видачі дозволу на зліт або посадки встановлює факт несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу, або його неминучість, чи наявність якої-небудь перешкоди на злітно-посадковій смузі або поблизу неї, що може створити загрозу безпеки польотів.

У контексті терміна «Безпека на злітно-посадковій смузі», в першу чергу розглядаються такі події, які загрожують безпеці польотів, як: несанкціоноване заняття робочої злітно-посадковий смуги; викочування за межі злітно-посадковий смуги під час зльоту або посадки; посадки з недольотом або перельотом злітно-посадковий смуги; грубі посадки, в тому числі випадки торкання злітно-посадковий смуги хвостовою частиною фюзеляжу, крилом або двигуном повітряного судна.

Ми повинні визначити, які небезпечні ділянки можуть бути пов'язані з несанкціонованим виїздом на злітно-посадкову смугу, для цього ми проаналізуємо наступний документ, в якості початкових даних : «Керівництво щодо запобігання несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу (Документ 9870 Міжнародної організації цивільної авіації)».

1.1 Розвиток положень ІКАО щодо злітно-посадкових смуг

У 2005 році Міжнародна організація цивільної авіації завершила цілий ряд програм щодо несанкціонованого виїзду повітряних суден на злітно-посадкову смугу, і надала державам-учасникам пакет інструментів щодо забезпечення безпеки операцій на злітно-посадкову смугу через систему обміну інформацією Міжнародної організації цивільної авіації з безпеки польотів.

Оскільки робота в цій області тривала кілька років, внесок Міжнародної організації цивільної авіації включав вироблення глобальної угоди щодо нового визначення виїздів на злітно-посадкові смуги. Ця угода вказала шлях до більш ефективного аналізу та обміну інформацією між світовими партнерами по галузі. Виконані до 2007 року огляд і аналізи Міжнародної організації цивільної авіації призвели до організації серій міжнародних семінарів та публікацій «Керівництва щодо запобігання несанкціонованих виїздів на злітно-посадкові смуги» (Документ 9870 Міжнародної організації цивільної авіації). Нижче наведені деякі з найостанніших доповнень, вже прийнятих Міжнародною організацією цивільної авіації, які Організація продовжує розробляти в цілях поліпшення показників безпеки операцій на злітно-посадкових смугах.

Несанкціоновані виїзди на злітно-посадкові смуги

Несанкціонований виїзд на злітно-посадкову смугу – це будь-яка подія на аеродромі, пов'язана з необґрунтованою наявністю повітряних суден, транспортних засобів чи особи на захищеній площі, призначеної для виконання посадки та зльоту повітряних суден.

Том 1 Додатку 14 містить положення про навігаційні візуальні засоби, системи наведення і управління наземним рухом (SMGCS), операції аеродромних транспортних засобів тощо, розроблені з метою сприяти запобіганню виїздів на злітно-посадкову смугу. Відносно візуальних засобів,

Міжнародна організація цивільної авіації заохочує використання стоп-вогнів, вогнів обмеження злітно-посадкових смуг і різних додаткових систем освітлення, знаків і маркування.

Міжнародна організація цивільної авіації ввела нові положення щодо поліпшення маркування осьової лінії руліжних доріжок і посилила вимоги використовувати обов'язкові розпорядчі маркування як частину її заходів щодо більш ефективного запобігання виїздів на злітно-посадкову смугу. Восени 2010 року на другій Нараді Групи експертів по аеродромах (AP / 2) були також запропоновані нові положення, що стосуються операцій на злітно-посадкових смугах, включаючи нові технології в області навігаційних візуальних засобів.

На додаток до цих розробок, в даний час закінчується підготовка до включення в Керівництво з проектування аеродромів інструктивного матеріалу, який стосується заходів запобігання несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу. Інші нові завдання, у тому числі стандартизація конвенцій по позначенню руліжних доріжок з метою більш ефективного запобігання несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу, включені в майбутню робочу програму.

Виїзди за межі злітно-посадкової смуги

Належне використання стандартів та рекомендованої практики Міжнародної організації цивільної авіації (SARPs ICAO) в процесі проектування, експлуатації та технічного обслуговування аеродрому - дуже дієвий засіб, що допомагає уникнути виїздів за межі злітно-посадкової смуги або звести до мінімуму їх число. Правильне проектування злітно-посадкових смуг і відповідних засобів згідно фізичних характеристик, зазначені в Томі 1 Додатку 14, забезпечує міцну основу запобігання та ослаблення наслідків виїздів за межі злітно-посадкової смуги. Стан поверхні злітно-посадкової смуги, у тому числі характеристики поверхневого тертя, також істотно важливі для запобігання виїздів за її межі. На AP / 2 були запропоновані нові

й уточнені положення, що стосуються вимірювання коефіцієнта тертя, а також звітності про оцінку стану поверхні злітно-посадкової смуги.

Сприяючі чинники

Несанкціоновані виїзди на злітно-посадкову смугу можна розділити на кілька повторюваних сценаріїв. Найбільш розповсюдженими сценаріями є наступні:

- повітряне судно чи транспортний засіб, який перетинає злітно-посадкову смугу перед повітряним судном, що виконує посадку;
- повітряне судно чи транспортний засіб, який перетинає злітно-посадкову смугу перед повітряним судном, що виконує зліт;
- повітряне судно чи транспортний засіб, який перетинає маркірування місця очікування у злітно-посадкової смуги;
- повітряне судно чи транспортний засіб, який невпевнений у своєму місцезнаходженні і ненавмисно виїжджає на діючу злітно-посадкову смугу;
- збій в процесі зв'язку, що призводить до недотримання вказівок диспетчера управління повітряним рухом;
- повітряне судно, що рухається позаду повітряного судна чи транспортного засобу, яке ще не звільнило злітно-посадкову смугу.

Аналіз статистики показує, що більшість несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу відбувається при візуальних метеорологічних умовах протягом світлого часу доби; проте ще більша кількість авіаційних подій відбувається в умовах поганої видимості або в нічний час. Слід повідомляти про всі випадки несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу і аналізувати їх, незалежно від того, чи присутнє інше повітряне судно або транспортний засіб у момент події.

Фактори, які пов'язані з плануванням аеродрому

Занадто складне чи неадекватне планування аеродрому істотно підвищує вірогідність несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу. Як показують результати багатьох досліджень, частота несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу пов'язана з кількістю перетинів із злітно-посадковою смугою та характеристиками планування аеродрому.

Поширеними факторами є наступні:

- складність планування аеропорту, включаючи автомобільні маршрути та руліжні доріжки, що примикають до злітно-посадкової смуги;
- недостатня відстань між паралельними злітно-посадковими смугами;
- руліжні доріжки які використовуються в маршрутах для вильоту повітряних суден, що перетинають діючі злітно-посадкові смуги не під прямим кутом;
- відсутність руліжних доріжок, що огинають кінці злітно-посадкових смуг по периметру, для уникнення перетину злітно-посадкових смуг.

Класифікація серйозності наслідків

Метою класифікації серйозності наслідків несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу є проведення і реєстрація оцінки кожного випадку несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу. Це критично важливий компонент управління факторами ризику, де ризик являє собою функцію від ступеня серйозності наслідків та ймовірності повторення події. Яка б не була ступінь серйозності того чи іншого випадку, слід належно розслідувати всі випадки несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу, щоб встановити причинні і сприяючі чинники, та забезпечити вживання заходів щодо зменшення ризику для недопущення повторення таких подій. Класифікацію серйозності наслідків несанкціонованого виїзду на злітно-

посадкову смугу слід провести в найкоротші можливі терміни після повідомлення про інцидент з урахуванням доступної інформації.

Для досягнення ефективного використання даних класифікації серйозності наслідків несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу, слід застосовувати систему класифікації серйозності наслідків, викладену в таблиці 1.1. Приклади такої класифікації представлені на рисунку 1.1.

Таблиця 1.1

Класифікація серйозності наслідків

Клас	Опис
А	Серйозний інцидент, в якому мало не сталося зіткнення.
В	Інцидент, в якому розділяюча дистанція зменшується та існує високий ступінь вірогідності зіткнення, в результаті чого можуть бути потрібними критичні за часом коригувальні відповідні дії/маневри ухилення для уникнення зіткнення.
С	Інцидент, який характеризується наявністю достатнього часу та / або достатньою дистанцією для уникнення зіткнення.
Д	Інцидент, що відповідає визначенню несанкціонованого заняття ЗПС, наприклад, <u>неправомірна</u> присутність окремого ТЗ, особи або ПС на захищеній поверхні, призначеної для посадки і зльоту ПС, але без будь-яких безпосередніх наслідків для безпеки польотів.
Е	Недостатня інформація або <u>непереконливі</u> чи <u>суперечливі</u> <u>свідчення</u> , які перешкоджають встановленню ступеня серйозності.

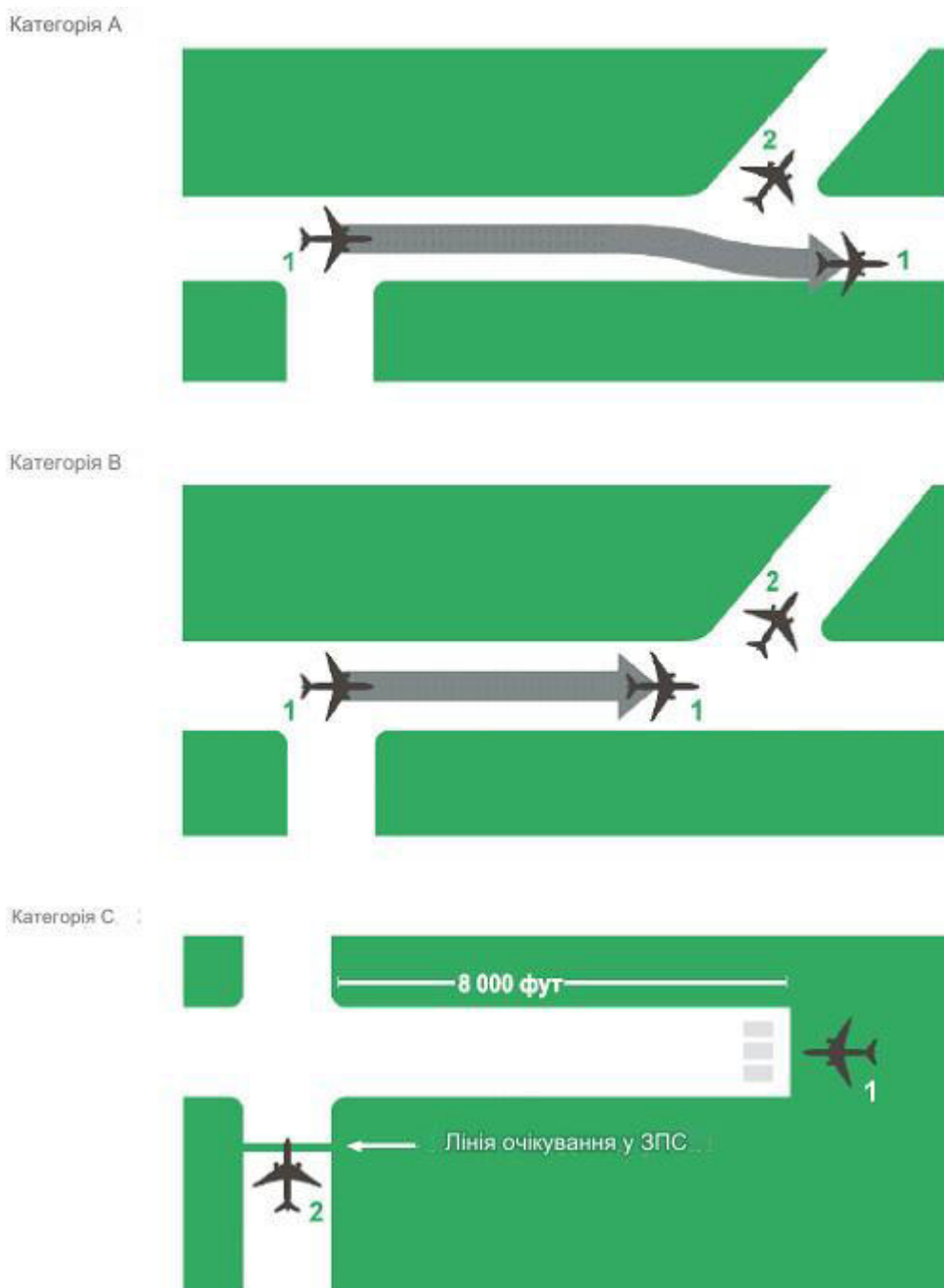


Рис.1.1 Приклади класифікації серйозності наслідків

Фактори, що впливають на ступінь серйозності наслідків

Для належної класифікації серйозності несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу потрібна наступна інформація:

а) Близькість повітряних суден та / або транспортних засобів. Орієнтована величина зазначеної дистанції зазвичай визначається диспетчером або за схемою аеродрому. У тому випадку, коли повітряне

судно пролітає безпосередньо над іншим повітряним судном або транспортним засобом, слід використовувати дані про найбільше зближення у вертикальній площині. Коли обидва повітряних судна знаходяться на землі, дистанцією найбільшого зближення, використовуваної для класифікації серйозності наслідків несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу, є найбільше зближення в горизонтальній площині. Коли повітряні судна розділені як в горизонтальній, так і у вертикальній площині, слід використовувати параметри того виду зближення, який найбільшою мірою здатний призвести до зіткнення. У разі інцидентів, в яких повітряні судна знаходяться на пересічних злітно-посадкових смугах, використовується відстань від кожного повітряного судна до їхнього перетину.

б) Геометрія небезпечного зближення. Деякі види небезпечного зближення по суті є більш серйозними, ніж інші. Наприклад, небезпечні зближення двох повітряних суден на одній і тій же злітно-посадковій смузі є більш серйозними в порівнянні з інцидентами, коли одне повітряне судно знаходиться на злітно-посадковій смузі, а інше повітряне судно наближається до цієї злітно-посадкової смуги. Аналогічним чином небезпечні зближення при зустрічному русі більш серйозні, ніж у тих випадках, коли повітряні судна рухаються в одному і тому ж напрямку.

с) Маневр ухилення або коригувальна дія. Коли пілот повітряного судна виконує маневр ухилення для уникнення зіткнення, масштаб цього маневру відіграє важливу роль у визначенні ступеня серйозності наслідків. Даний параметр може включати (але не обмежується цим) різке гальмування, маневр відхилення, перерваний зліт, передчасне збільшення кута атаки при зльоті та ухід на друге коло. Чим серйозніший маневр, тим більший його внесок у ступінь серйозності наслідків. Наприклад, небезпечні зближення, які призвели до перерваного зльоту, коли дистанція розбігу склала 300 метрів, є більш серйозними, ніж ті, коли зазначена дистанція склала менше 30 метрів.

д) Наявний час реагування. Небезпечні зближення, які залишають пілоту мало часу на реагування з метою уникнення зіткнення, є більш

серйозними, ніж небезпечні зближення, при яких у пілота є достатньо часу для відповідних дій. Наприклад, при інцидентах, пов'язаних з відходом на друге коло, для класифікації серйозності наслідків необхідно враховувати швидкість повітряного судна при заході на посадку і відстань до злітно-посадкової смуги, на якому був зроблений захід на друге коло. Це означає, що інцидент, при якому важке повітряне судно перериває посадку і йде на друге коло у порога злітно-посадкової смуги, є більш серйозним, ніж таке, коли легке повітряне судно приступає до виконання відходу на друге коло на посадковій прямій довжиною в одну морську милю.

е) Умови навколишнього середовища, метеорологічні умови, видимість і стан поверхні злітно-посадкової смуги. Умови, які погіршують якість візуальної інформації, доступної пілотові повітряного судна і диспетчеру управління повітряним рухом (наприклад, погана горизонтальна видимість), розширюють діапазон мінливості відповідних дій пілота і диспетчера, і як такі, можуть підвищити ступінь серйозності наслідків несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу. Аналогічним чином, слід також враховувати умови, що погіршують ефективність гальмування повітряного судна або транспортного засобу, такі як мокра або покрита льодом злітно-посадкова смуга.

ф) Фактори, що впливають на ефективність системи. Фактори, які впливають на ефективність системи, такі як відмова радіозв'язку і помилки при веденні радіозв'язку (наприклад, не виправлення диспетчером управління повітряним рухом помилки пілота повітряного судна при повторенні диспетчерської вказівки), також можуть вплинути на ступінь серйозності інциденту.

1.2 Застосування систем управління і контролю наземного руху

Процедури застосування існуючих систем системи наведення і управління наземним рухом засновані, головним чином, на принципі "бачимо

один одного", який використовується для забезпечення розділових інтервалів між повітряними суднами та / або транспортними засобами на робочій площі аеродрому. Однак, кількість авіаційних подій та інцидентів при русі на поверхні аеродрому, включаючи несанкціоновані виїзди на злітно-посадкові смуги, збільшується.

У цілому виконання операцій на аеродромі залежить від диспетчерів управління повітряним рухом, пілотів повітряних суден та водіїв транспортних засобів, які використовують візуальне спостереження в цілях оцінки відповідних місцезнаходжень повітряних суден і транспортних засобів. Пілоти повітряних суден і водії транспортних засобів покладаються на візуальні засоби (вогні, маркування та знаки) при русі по призначених маршрутах, а також для визначення перетинань і місць очікування. У періоди обмеженої видимості диспетчери повинні покладатися на донесення пілотів і радіолокатори контролю за наземним рухом для відстеження розділових інтервалів і визначення потенційно-конфліктних ситуацій. У таких умовах, пілоти повітряних суден і водії транспортних засобів стикаються з тим, що їхні можливості працювати в режимі "бачимо один одного" значно знижуються. Відсутні призначені мінімальні безпечні відстані, і диспетчери управління повітряним рухом, пілоти повітряних суден і водії транспортних засобів несуть рівну відповідальність за небезпеку зіткнення при русі.

В даний час всі аеродроми обладнані тією чи іншою системою управління наземним рухом та контролю за ним. Широко використовуються системи, описані в «Керівництві по системах управління наземним рухом та контролю за ним (SMGCS)» (Документ 9476 Міжнародної організації цивільної авіації). Сама найпростіша система управління наземним рухом та контролю за ним являє собою нанесення фарбою вказівних ліній і знаків, а в найсучасніших і складних системах використовуються переключаючи осьові вогні руліжних доріжок і вогні лінії "стоп". Всі системи управління наземним рухом та контролю за ним забезпечують наведення повітряних суден від посадкової злітно-посадкової смуги до місця стоянки на пероні і в

зворотному напрямку до злітно-посадкової смуги, використовуваної для зльоту, а також забезпечують інші пересування на поверхні аеродрому, наприклад від зони технічного обслуговування до перону, або від перону до перону. Крім того, системи управління наземним рухом та контролю за ним забезпечують певне управління рухом транспортних засобів. Як правило, контроль за маневрами і рухом повітряних суден і транспортних засобів на площі маневрування здійснюють органи служби управління повітряним рухом. На перонах відповідальність за це в деяких випадках несе служба організації діяльності на пероні. І нарешті, система управління наземним рухом та контролю за ним може також забезпечувати управління, контроль і регулювання руху персоналу, якому дозволено перебувати на робочій площі аеродрому.

Для умов обмеженої видимості планами управління наземним рухом та контролю за ним пропонуються експлуатаційні процедури, які повинні дотримуватися в процесі наземного руху. Процедури варіюються по аеродромах залежно від таких факторів, як правила і принципи забезпечення обслуговування повітряного руху, розподіл обов'язків, конфігурація аеродрому і використовувані засоби.

Процедури використання управління наземним рухом та контролю за ним в умовах обмеженої видимості вводяться в дію в тих випадках, коли дальність видимості на злітно-посадкової смуги (RVR) знижується до заздалегідь встановленого граничного значення (зазвичай між 400 і 600 метрами). Для введення процедур руху в умовах обмеженої видимості випускаються сповіщення для експлуатантів повітряних суден і використовуються відповідні пам'ятки. В умовах обмеженої видимості можуть використовуватися встановлені маршрути рулювання, які вказуються на картах аеродромів, що надаються пілотам повітряних суден і водіям транспортних засобів. Системи вогнів, таких як вогні лінії "стоп" і вогні захисту злітно-посадкової смуги, використовуються для надання допомоги диспетчерам управління повітряним рухом в регулюванні доступу до діючих

злітно-посадкових смуг. Виконуючи посадку, повітряні судна рухаються із злітно-посадкової смуги на конкретні руліжні доріжки і дотримуються інструкції диспетчера управління повітряним рухом, якій контролює наземний рух (робочі міста Tower або Ground). Доступ наземних транспортних засобів строго контролюється і тільки необхідним транспортним засобам дозволяється перебувати на робочій площі.

В даний час діючими процедурами дозволяється повітряним суднам виконувати посадку в умовах нульової видимості і зліт, коли дальність видимості на злітно-посадкової смуги знижується приблизно до 75 метрів.

1.3 Огляд авіаційних подій, які пов'язані з виконанням операцій на льотному полі

Нові дані за останні кілька років показують, що злітно-посадкова смуга - це одна із зон найбільшого ризику, що викликає порушення безпеки польотів.

Авіаційні події на злітно-посадковій смузі поділяються на три основні категорії: виїзди на злітно-посадкову смугу, виїзди за межі злітно-посадкової смуги і помилки при виборі злітно-посадкової смуги. Несанкціоновані виїзди на злітно-посадкову смугу характеризуються некоректною присутністю повітряного судна, наземного транспортного засобу або персоналу на злітно-посадковій смузі у відповідній захищеній зоні, незалежно від того, є чи ні, присутність потенційної загрози зіткненню. До виїздів за межі злітно-посадкової смуги відносяться будь-які події, коли повітряне судно відхиляється в сторону або викочується за призначену злітно-посадкову смугу при зльоті або посадці. Помилкою при виборі злітно-посадкової смуги вважається будь-який випадок, коли повітряне судно ненавмисно використовує невірно обрану злітно-посадкову смугу або руліжну доріжку.

Причиною всіх авіаційних подій на злітно-посадковій смузі є поєднання багатьох чинників, включаючи проектування і будівництво

аеропорту, процеси і системи управління повітряним рухом і організації повітряного руху, характер виконуваних авіакомпаніями операцій, обізнаність льотних екіпажів, які використовують засоби зв'язку.

Збій в процесі зв'язку між диспетчерами управління повітряним рухом і пілотами повітряних суден або водіями транспортних засобів у контрольованій зоні є поширеним фактором при несанкціонованих виїздах на злітно-посадкову смугу і часто пов'язаний з наступними обставинами:

- використання нестандартної фразеології радіообміну;
- неправильне повторення пілотом повітряного судна або водієм транспортного засобу вказівки диспетчера управління повітряним рухом;
- незабезпечення диспетчером повітряного руху перевірки відповідності повторених пілотом повітряного судна або водієм транспортного засобу вказівок виданих диспетчерським дозволом;
- неправильне розуміння пілотом повітряного судна або водієм транспортного засобу вказівок диспетчера управління повітряним рухом;
- прийняття до виконання пілотом повітряного судна або водієм транспортного засобу диспетчерського дозволу, призначеного для іншого повітряного судна або транспортного засобу;
- блокування або часткове блокування повідомлення;
- занадто довгі або складні повідомлення.

Далі ми розглянемо деякі авіаційні події, що сталися на льотному полі аеродрому:



Рис.1.2 Зіткнення Airbus A320 з "Елефант" в Мюнхені

Зіткнення Airbus A320 авіакомпанії Iberia з двома транспортними засобами "Елефант" в аеропорту Мюнхена.

20 січня, в аеропорту Мюнхена повітряне судно Airbus A320 (EC-LVD) іспанської авіакомпанії Iberia з 109 пасажирами на борту раптово почав рух і зачепив закінцівками крила дві машини, які як раз проводили йому процедуру проти обледеніння. Не дивлячись на те, що повітряне судно швидко припинило рух воно все одно зіткнулося з транспортними засобами та пошкодило закінчування крила, через що виникла потреба у скасуванні

вильоту повітряного судна. В результаті інциденту ніхто з пасажирів та наземного персоналу не постраждав. На рисунку 1.2 фото з місця події.

Зіткнення повітряних суден в аеропорту міста Хабаровськ

Встановлено, 08 листопада 2015 року біля 14 годин 45 хвилин за місцевим часом повітряне судно Boeing 777-33ER при здійсненні руху по території аеропорту Хабаровськ зіткнувся з само летом Ан-26, що стояв на місці стоянки.

За даними слідства, зіткнення повітряних суден сталося внаслідок не витримання екіпажем Boeing 777 призначеного маршруту рулювання на площі маневрування відповідно до розмітки, і не припинення рулювання в небезпечній близькості з Ан-26.

Серйозний інцидент в аеропорту Жуляни

16.01.2016 о 07:42 при виконанні рейсу PS034 за маршрутом Львів - Бориспіль на повітряном судні Boeing-737-300 UR-GBA авіакомпанії «Міжнародні авіалінії України», після посадки на аеродромі Жуляни, сталося викочування повітряного судна за межі злітно-посадкової смуги на 40 метрів. Розслідування серйозного інциденту проводить Національне бюро розслідувань на транспорті.

В процесі пробігу після посадки сталося викочування повітряного судна за межі злітно-посадкової смуги в районі торця злітно-посадкової смуги. Ніхто із 134 пасажирів та 5 членів екіпажу, що перебували на борту, не постраждав, повітряне судно пошкоджень не отримало. На рисунку 1.3 фото з місця події.



Рис.1.3 Boeing-737-300 за межами торця злітно-посадкової смуги в аеропорту "Київ" (Жуляни)

Boeing-737 викотився за межі злітно-посадкової смуги аеропорту "Жуляни" на швидкості 60 кілометрів на годину

Серйозний авіа інцидент перервав роботу аеропорту "Київ" (Жуляни). Boeing-737 під час приземлення не зміг вчасно загальмувати і викотився за межі злітно-посадкової смуги.

Літак вилетів із покриття злітно-посадкової смуги зі швидкістю близько 60 кілометрів на годину. Через кілька секунд він зупинився на траві приблизно в 40-ка метрах від краю призначеної для руху ділянки. Повітряне судно здійснило переліт планованої точки дотику злітно-посадкової смуги і йому не вистачило дистанції для гальмування. На борту перебували 77 пасажирів і членів екіпажу. Ніхто не постраждав.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЛЬОТНОГО ПОЛЯ АЕРОПОРТУ ЖУЛЯНИ

Аналіз статистичних даних говорить нам про те, що авіаційні інциденти на злітно-посадкових смугах та в межах льотного поля відбуваються в результаті відповідних факторів, пов'язаних з багатьма аспектами авіаційної системи. Це може включати в себе організацію повітряного руху, управління повітряним рухом, проектування аеропорту, людський фактор в авіації. На практиці, не завжди можливо покращити зону безпеки злітно-посадкової смуги, щоб вона повністю змогла відповідати стандартам та розмірам. Витрати на будівництво можуть бути дуже високими. Для вирішення цієї проблеми, ми пропонуємо визначити причину порушень на злітно-посадковій смузі на побудованій нами моделі льотного поля в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера, а також знайти небезпечні ділянки в межах льотного поля аеродрому, як приклад ми вирішили обрати аеропорт «Київ» (Жуляни). В підрозділі ми наводили два приклади авіаційних подій два відомих інциденти в цьому аеропорту щодо несанкціонованих виїздів повітряних суден. Надалі побудована нами модель аеропорту «Київ» (Жуляни) може використовуватися при проведенні занять та наукових експериментів із застосуванням моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера.

2.1 Опис аеропорту «Київ» (Жуляни)

Міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни) — аеропорт, розташований на відстані 8 кілометрів на південний захід від центру міста Київ (рисунки 2.1). Єдина його злітна посадкова смуга має довжину 2310 метрів та ширину 45 метрів (до реконструкції у 2009 році мала довжину 1800 метрів).

Аеропорт «Жуляни» отримав назву від однойменного села, розташованого поблизу. З 11 травня 2009 року аеропорт перейшов у цілодобовий режим роботи. Сам аеропорт перебуває в комунальній власності міста Київ. На території аеропорту знаходиться найбільший в Україні авіаційний музей, де на майданчику просто неба представлено багато зразків цивільної та військової авіаційної техніки. Загальні дані про аеропорт «Київ» (Жуляни) зображені в таблиці 2.1.

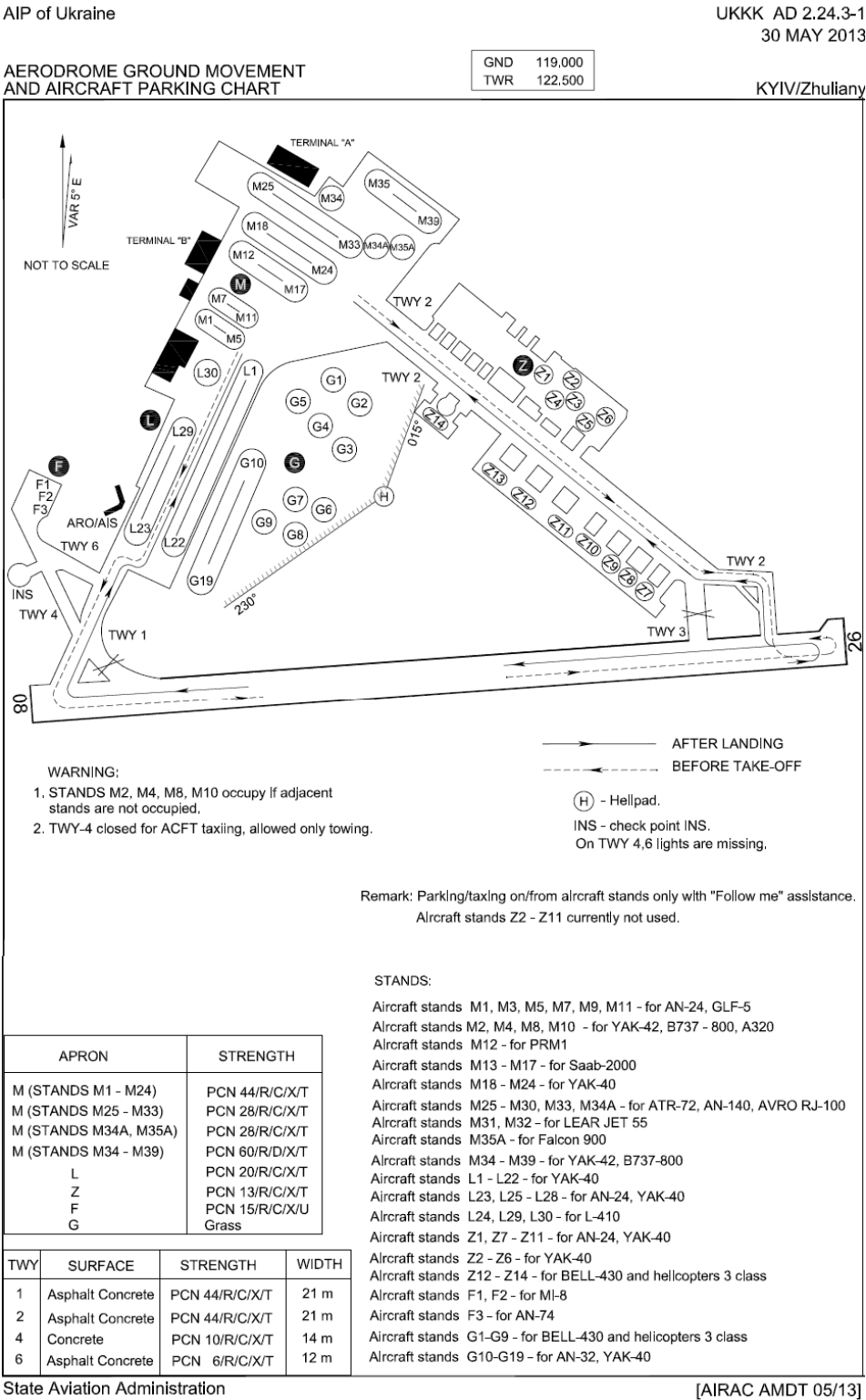
Таблиця.2.1

Загальні дані про аеропорт «Київ» (Жуляни)

Загальні дані	
Тип аеропорту	Цивільний
Обслуговує	Київ, Україна
Розташування	50°24'06" пн. ш. 30°27'06" сх. д.
Висота над рівнем моря	179 м/517 фут



Рис. 2.1 Аеродром «Жуляни»



наближення та вогнів злітно-посадкової смуги, ця інформація в таблиці 2.4. Таблиця 2.5 описує оголошення дистанції в аеропорту «Київ» (Жуляни). Фізичні характеристики злітно-посадкової смуги можна знайти в таблиці 2.6.

Таблиця 2.2

Дані про перон, РД і місця перевірок

1	Поверхня та міцність перонів	Перон	Поверхня	Міцність	
		F	Асфальт	PCN 15/R/C/X/U	
		L	Асфальт	PCN 20/R/C/X/T	
		M	Бетон	PCN 60/R/D/X/T	
		Z	Бетон	PCN 13/R/C/X/T	
2	Ширина, поверхня та міцність РД	РД	Ширина	Поверхня	Міцність
		РД 1	21 М	Асфальт	PCN 44/R/C/X/T
		РД 2	21 М	Асфальт	PCN 44/R/C/X/T
		РД 4	14 М	Бетон	PCN 10/R/C/X/T
		РД 6	12 М	Асфальт	PCN 6/R/C/X/T

Таблиця 2.3

Система управління та контролю за наземним рухом і відповідні маркувальні знаки

1	Використання розпізнавальних знаків місця стоянки ПС, вказівних ліній РД і системи візуального управління зіткненням / розміщення на стоянку	Вказівні знаки в місцях входу / виходу на / з ЗПС, вказівні знаки РД та шляхи рулювання по них, маркувальні знаки МС. Розміщення на стоянці за вказівкою зустрічаючого.
2	Маркувальні знаки і вогні ЗПС і РД	ЗПС: Маркування: поріг, цифровий знак посадкового магнітно-колісного кута, осьова лінія, зона приземлення, фіксована відстань, край ЗПС.

На рисунку 2.2 зображено фрагмент карти збірника аеронавігаційної інформації України по аеродрому «Київ» (Жуляни), де детально можна

побачити схему стоянок, розташування, та координати злітно-посадкової смуги, руліжних доріжок, місць перону.

Таблиця 2.4

Фізичні характеристики ЗПС

Позначення ЗПС, номер	Істинний та магнітний пеленг	Розміри ЗПС(м)	Несуча здатність та поверхня ЗПС і кінцева смуга гальмування	Координати порога ЗПС, кінця ЗПС хвиля геоїда порога ЗПС	Перевищення порогів і найбільше перевищення зони приземлення ЗПС, обладнаної для точного заходу на посадку
1	2	3	4	5	6
08	086°10' GEO 081° MAG	2310x45	44/R/C/X/T Бетон	502403.85N 0302605.34E	THR 170.8 M/560.4 FT
26	266°10' GEO 261° MAG	2310x45	44/R/C/X/T Бетон	502408.85N 0302802.07E	THR 178.9 M/587.0 FT
Ухил ЗПС та кінцевої смуги гальмування (м)	Розміри кінцевої смуги гальмування (м)	Розміри смуг, вільних від перешкод (м)	Розміри злітної смуги (м)	Вільна від перешкод зона	Примітки
7	8	9	10	11	12
+0.46%	-	150x150	2460x300	-	Координати зміщеного порога 50240418N 030261291E
-0.46%	-	150x150	2460x300	-	Координати зміщеного порога 50240875N 030275964E

Місцеві правила руху аеропорту «Київ» (Жуляни)

Буксирування або рулювання повітряних суден виконується за дозволом диспетчера рулювання згідно з маркуванням відповідно до встановленої схеми при безперервному зв'язку з диспетчером рулювання.

Рулювання по руліжної доріжці 1 і руліжної доріжці 2 з машиною супроводу виконується при видимості менше 400 метрів і за запитом екіпажу повітряного судна. Руління по перону М і Л виконується тільки з машиною супроводу.

Таблиця 2.5

Оголошенні дистанції

Позначення ЗПС	Наявна довжина розбігу (м)	Наявна злітна дистанція (м)	Наявна дистанція перерваного зльоту (м)	Наявна посадкова дистанція (м)	Примітки
1	2	3	4	5	6
08	2310	2460	2310	2160	-
26	2160	2310	2310	2262	від РД 2 : TORA 1800м, TODA 1950м, ASDA 1950м

Таблиця 2.6

Вогні наближення та вогні ЗПС

Позначення ЗПС	Тип, протяжність та сила світла вогнів наближення	Вогні порога ЗПС, колір флангових горизонтів	РАРІ	Протяжність вогнів та зони приземлення
1	2	3	4	5
08	CAT I 900 M LIN	зелені	РАРІ Зліва / 3°	-
26	CAT I 300 M LIN	зелені	-	-

Руліжна доріжка 4 і руліжна доріжка 6 використовуються тільки для буксирування.

Попередження: при заході на посадку на робочу злітно-посадкову смугу 08 при необхідності потрібно вжити заходів для інформування екіпажів повітряних суден щодо можливості сплутати вогні підходу з освітленням паралельної дороги.

2.2 Структура збереження даних в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера

Перш за все необхідно відзначити, що при розгляді структури зберігання даних секторів управління повітряним рухом в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера, необхідно мати на увазі, що існує дві взаємопов'язаних підструктури:

1. структура зберігання даних (база даних);
2. структура обробки даних в програмному коді (об'єктно-орієнтована структура).

Структура зберігання даних використовує в якості системи управління базами даних InterBase. У моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера замість комерційної системи управління базами даних InterBase використовується її вільний (безкоштовний) аналог система управління базами даних Firebird, можливості якого повністю співпадають з системою управління базами даних InterBase.

У базі даних, організованої для зберігання даних про сектори управління повітряним рухом у моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера використовується кілька таблиць:

1. Таблиця точок **Points**. Вона призначена для зберігання інформації про складові точки сектора управління: точки маршрутів, кордонів зон і т.д. У таблиці зберігається набір точок із зазначенням їх географічних координат, відображуваного і формального найменування, прив'язкою до сектору управління, посиланням на опис типу точки. Таблиця Points включає в себе насту структуру даних, яка перерахована в таблиці 2.7.

2. Таблиця типів точок **Pointtype**. Вона призначена для зберігання описової інформації для типів точок: пункти обов'язкового донесення, точки кордону сектора і т.д. На цю таблицю посилається поле POINTTYPE таблиці точок Points. У таблиці зберігається набір типів точок, який використовується

для відображення цих точок на екранах індикаторів. Таблиця Pointtype включає в себе наступні поля, перераховані в таблиці 2.8.

Таблиця 2.7

Склад таблиці зберігання точок Points

№	Ім'я поля	Тип даних	Опис
1	ID	ціле число	Унікальний ідентифікатор
2	IDS	рядок до 10 символів	Позначення точки (до 10 символів)
3	NAME	рядок до 30 символів	Найменування точки (до 30 символів)
4	POINTTYPE	ціле число	Тип точки (пов'язаний з таблицею POINTTYPE)
5	ZONE ID	ціле число	Належність до сектору управління
6	GX	дійсне число	Довгота точки (східна - позитивна, західна - негативна)
7	GY	дійсне число	Широта точки (південна - позитивна, північна - негативна)

Примітка: дійсне число - це число з дробовою частиною (наприклад, 126,74)

Таблиця 2.8

Склад таблиці зберігання типів точок Pointtype

№	Ім'я поля	Тип даних	Опис
1	ID	ціле число	Унікальний ідентифікатор
2	NAME	рядок до 10 символів	Позначення типу точки (до 20 символів)
3	PARAMS	контейнер даних	Параметри відображення точки на екрані (символ відображення, колір, видимість і т.д.)

3. Таблиця ліній **Lines**. Під лініями розуміються відрізки прямих, обмежені точками початку і закінчення лінії. Вона призначена для зберігання інформації про складові лінії сектору управління: ділянки маршрутів, кордонів секторів і т.д. У таблиці зберігається набір ліній, з яких формуються складові об'єкти секторів управління. Таблиця Lines включає в себе наступні поля, перераховані в таблиці 2.9.

4. Таблиця типів точок **Linetype**. Вона призначена для зберігання описової інформації для типів ліній (кордони секторів, ділянки маршрутів, лінії відображення підстилаючої поверхні і т.д.). На цю таблицю посилається поле LINETYPE таблиці точок Lines. Таблиця Linetype включає в себе наступні поля, перераховані в таблиці 2.10.

Таблиця 2.9

Склад таблиці зберігання ліній Lines

№	Ім'я поля	Тип даних	Опис
1	ID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Унікальний ідентифікатор
2	NAME	рядок до 10 символів	Позначення лінії (до 10 символів)
3	LINETYPE	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Тип лінії (пов'язаний з таблицею LineType)
4	ZONEID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Приналежність до сектору управління
5	POINT1ID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Ідентифікатор (ID) точки початку лінії (посилається на таблицю Points)
6	POINT2ID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Ідентифікатор (ID) точки закінчення лінії (посилається на таблицю Points)

Таблиця 2.10

Склад таблиці зберігання типів точок Linetype

№	Ім'я поля	Тип даних	Опис
1	ID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Унікальний ідентифікатор
2	NAME	рядок до 20 символів	Позначення типу лінії (до 20 символів)
3	PARAMS	контейнер даних	Параметри відображення лінії на екрані (колір і стиль відображення, видимість і т.д.)

5. Таблиця трасової інформації **Trasses**. Вона призначена для опису трас і маршрутів, що проходять через сектор управління. На відміну від таблиць Lines і Linetype дані цієї таблиці призначені для опису характеристик трас і маршрутів, а не їх відображення на моніторах індикаторів динамічної повітряної обстановки. Таблиця трасової інформації Trasses включає в себе наступні поля, перераховані в таблиці 2.11.

6. Таблиця опису тривимірного обсягу (полігону) сектора управління **Zone Polygon**. Сектор управління польотами повітряних суден, як правило,

являє собою складну об'ємну фігуру, в горизонтальній площині, обмежену набором географічних координат (точок), а у вертикальній площині - набором рівнів верхньої і нижньої меж сектора.

Таблиця 2.11

Склад таблиці зберігання трасової інформації Trasses

№	Ім'я поля	Тип даних	Опис
1	ID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Унікальний ідентифікатор
2	ZONEID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Приналежність до сектору управління
3	ENTERBORDERMIN	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Нижня <u>вертикальна</u> границя шару входу на трасу
4	ENTERBORDERMAX	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Верхня <u>вертикальна</u> границя шару входу на трасу
5	EXITBORDERMIN	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Нижня <u>вертикальна</u> границя шару вихода із траси
6	EXITBORDERMAX	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Верхня <u>вертикальна</u> границя шару вихода із траси
7	TRASSINFO	контейнер даних	Послідовний опис точок траси (маршруту)

Слід враховувати, що в залежності від різних параметрів (наприклад, таких, як наявність інших секторів управління всередині описуваного сектора - рисунок 2.3) опис сектора управління може складатися з декількох тривимірних об'єктів (полігонів).

Таблиця опису тривимірного об'єкту (полігону) сектора управління Zonerpolygon включає в себе наступні поля, перераховані в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12

Склад таблиці зберігання тривимірного обсягу (полігону) сектора управління Zonerolygon

№	Імя поля	Тип даних	Опис
1	ID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Унікальний ідентифікатор
2	ZONEID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Приналежність до сектора управління
3	POLYGONTYPE	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Тип полігону. Залежно від типу в наступних полях може міститися різний обсяг інформації
4	XCENTER	ДІЙСНЕ ЧИСЛО	Географічна довгота центру полігону (точки масштабування)
5	YCENTER	ДІЙСНЕ ЧИСЛО	Географічна широта центру полігону (точки масштабування)
6	XMIN	ДІЙСНЕ ЧИСЛО	Висота нижньої границі полігону
7	YMIN	ДІЙСНЕ ЧИСЛО	Висота верхньої межі полігону
8	XMAX	ДІЙСНЕ ЧИСЛО	Довгота точки виведення інформаційного банера вертикальних кордонів сектора
9	YMAX	ДІЙСНЕ ЧИСЛО	Широта точки виведення інформаційного банера вертикальних кордонів сектора
10	POINTS	контейнер даних	Набір точок, що описує геометрію полігону в горизонтальній площині

7. Таблиця зон (секторів) **Zone**. Вона призначена для зберігання описової інформації для всіх зон, які використовуються в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера, включаючи зони обмеження польотів, сектора відповідальності (зони управління) і т.д. Зони можуть поділятися на зони управління (реальні або навчальні / синтетичні), зони обмеження польотів, зони метеорологічних явищ і т.д. Таблиця зон (секторів) **Zone** включає в себе наступні поля, перераховані в таблиці 2.13.

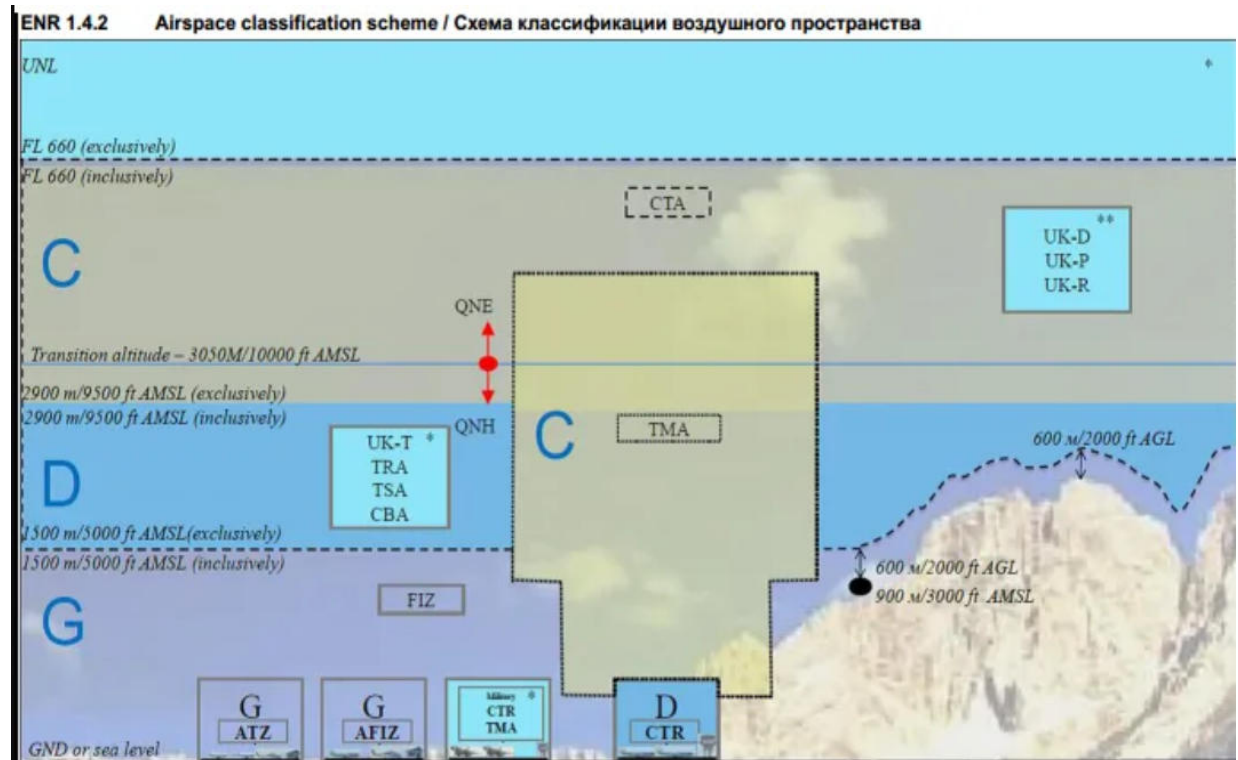


Рис.2.3 Приклад структури повітряного простору зони управління повітряним рухом

Наступним кроком розглянемо, яким чином зберігається і обробляється інформація про зони управління в самому програмному комплексі. Структура зберігання та обробки даних в програмному коді є об'єктно-орієнтована. Логічна одиниця об'єктно-орієнтованої програми - об'єкт. Об'єкт в реальному житті - це сутність, що володіє деяким набором властивостей і моделлю поведінки. Об'єкт в програмі є абстракцією реального об'єкта. В програмі об'єкт наділяється тими рисами і характеристиками реального часу, які істотні для розв'язуваної задачі. У програмі властивості об'єкта представлені за допомогою змінних, а дії об'єкта - за допомогою підпрограм. Підпрограми, що містять описи дій об'єкта, називаються методами. Набір конкретних значень змінних, що характеризують об'єкт, визначають стан об'єкта. Об'єкт має обмежений набір допустимих станів.

Таблиця 2.13

Склад таблиці зон (секторів) Zone

№	Ім'я поля	Тип даних	Опис
1	ID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Унікальний ідентифікатор
2	PERENTID	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Прив'язка зон обмеження до зон управління
3	IDS	рядок до 10 символів	Буквений ідентифікатор зони
4	NAME	рядок до 30 символів	Найменування зони
5	ZONETYPE	рядок до 6 символів	Тип зони (навчальна, <u>реальна</u> , заборон і обмежень)
6	ZONEVAR	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Величина магнітного схилення
7	ZOBECLASS	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Клас зони (робоче місце <u>чи не</u> зона управління)
8	HIBORDER	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Верхня границя зони (для швидкого підбору необхідних для тренування зон)
9	LOBORDER	ЦІЛЕ ЧИСЛО	Нижня границя зони (для швидкого підбору необхідних для тренування зон)
10	KDOLG	ДІЙСНЕ ЧИСЛО	Коефіцієнт перерахунку довжини градуса довготи

Далі ми розглянемо об'єкти, що відповідають за зберігання і обробку даних секторів управління (зон управління повітряним рухом).

1. TBaseGeoPoint - батьківський клас для всіх об'єктів типу «точка» в програмі. Властивостями цього об'єкта є географічні координати - широта і довгота точки.

2. TGeoPoint - клас для роботи з точками маршрутів і трас. Саме по точкам, що належать цьому класу проводиться моделювання польоту повітряних суден. Крім успадкованих від батьківського (TBaseGeoPoint) класу координат, властивостями цього об'єкта є:

- найменування точки;
- тип точки;
- параметри проходження точки (висота, швидкість, розрахунковий час) для формування маршрутної матриці.

3. TBaseGeoLine - батьківський клас для всіх об'єктів типу «лінія» в програмі. Властивостями об'єкта є дві базові геоточки (TBaseGeoPoint) - координати початку і закінчення лінії.

4. TGeoLine - клас для роботи з лініями, має метод відтворення об'єкта на екрані (procedure Draw), що дозволяє візуалізувати геометрію секторів, трас, маршрутів і зон. Крім координат початку і закінчення лінії, успадкованих від базового класу (TBaseGeoLine), властивостями об'єкта є найменування і тип лінії, що вказує на властивості відображення лінії.

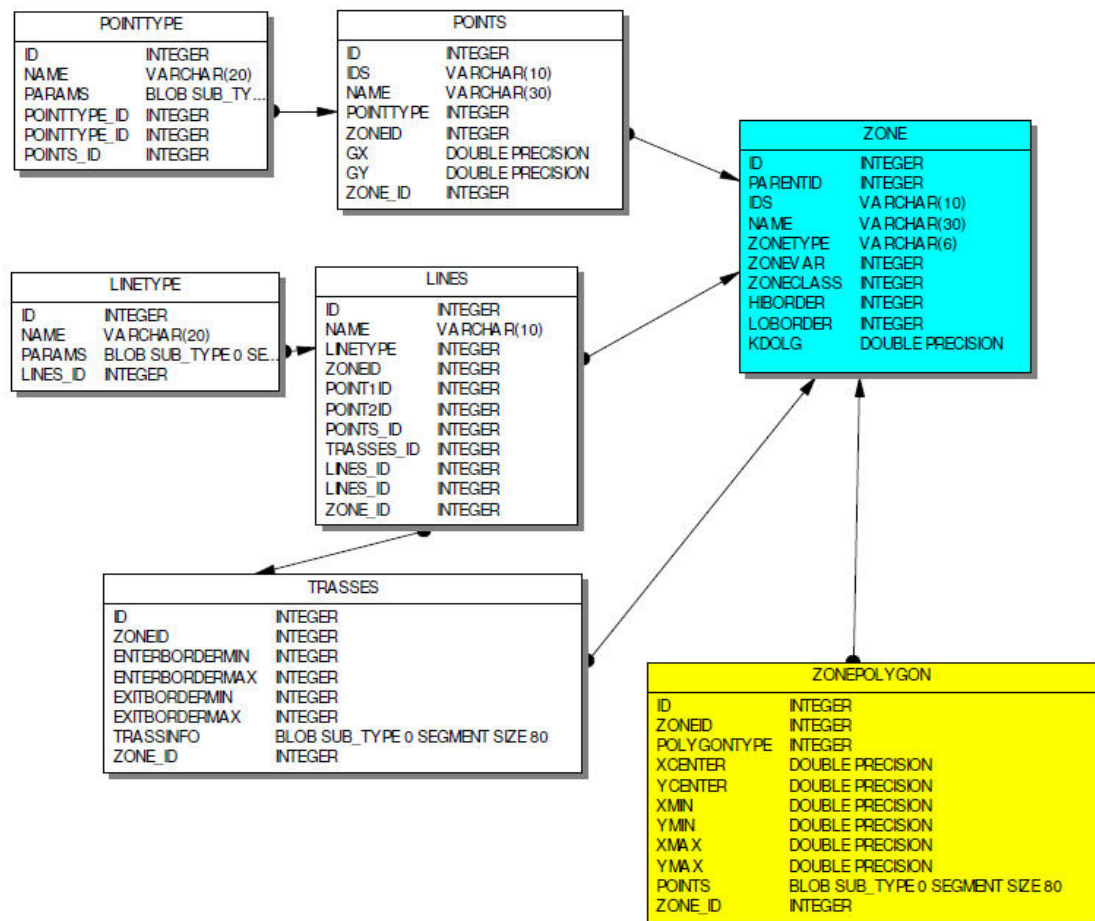


Рис.2.4 Структура таблиць і зв'язків бази даних зберігання інформації про зону управління в МК

5. TBasePolygon - батьківський клас для всіх об'єктів типу «полігон». Властивості об'єкта представлені двома змінними:

- FPointsCount - кількість точок полігону (ціле число);
- FPoints - набір точок, з яких будується полігон (набір об'єктів - точок).

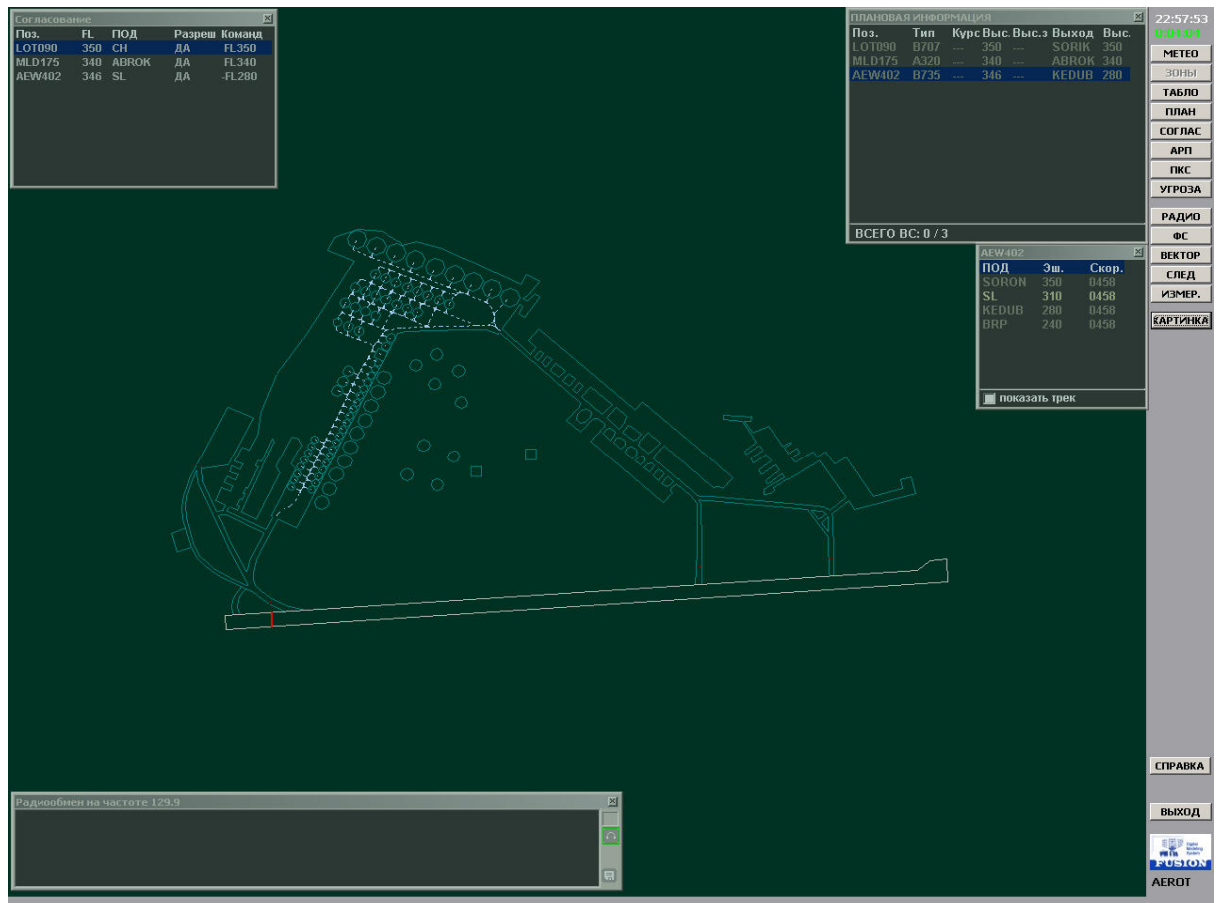


Рис.2.5 Побудована модель льотного поля аеродрому «Київ» (Жуляни) в модельюючому комплексі роботи авіадиспетчера

6. TDynPolygon - клас для реалізації динамічно-змінюваних полігонів. Під динамічно-змінними полігонами розуміються такі полігони, які в процесі роботи програми з плином часу можуть змінювати свою форму, розмір і місце розташування. Такі полігони застосовуються для реалізації метеорологічних об'єктів (областей небезпечних метеорологічних явищ, атмосферних фронтів і т.д.), зон обмеження польотів. Властивості об'єкта наступні:

- унікальний ідентифікатор - мітка об'єкта;
- тип полігону для вибору параметрів відображення та поведінки об'єкта;
- географічні координати умовного центру полігону;
- верхня і нижня межа полігону;

- час «життя» об'єкта, за яким обчислюються параметри зміни об'єкта в разі потреби;
- план зміни полігону - набір команд / операцій, згідно якого проводиться зміна об'єкта.

Структура таблиць і зв'язків показана на рисунку 2.4. Побудована модель аеродрому «Київ» (Жуляни) в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера зображена на рисунку 2.5.

2.3 Визначення небезпечних ділянок на льотному полі аеродрому Жуляни

Небезпечна ділянка це ділянка на робочій площі аеродрому, де вже мали місце зіткнення або несанкціоновані виїзди на злітно-посадкову смугу або існує потенційний ризик таких випадків і де потрібна підвищена увага пілотів повітряних суден та водіїв транспортних засобів.

На переддипломній практиці було проведено анкетування з ціллю визначення небезпечних ділянок в аеропорту «Київ» (Жуляни). В анкетуванні прийняло участь 36 експертів з числа керівників польотів та диспетчерів Київської служби обслуговування повітряного руху. Приклад анкети наведено на рис. 2.6.

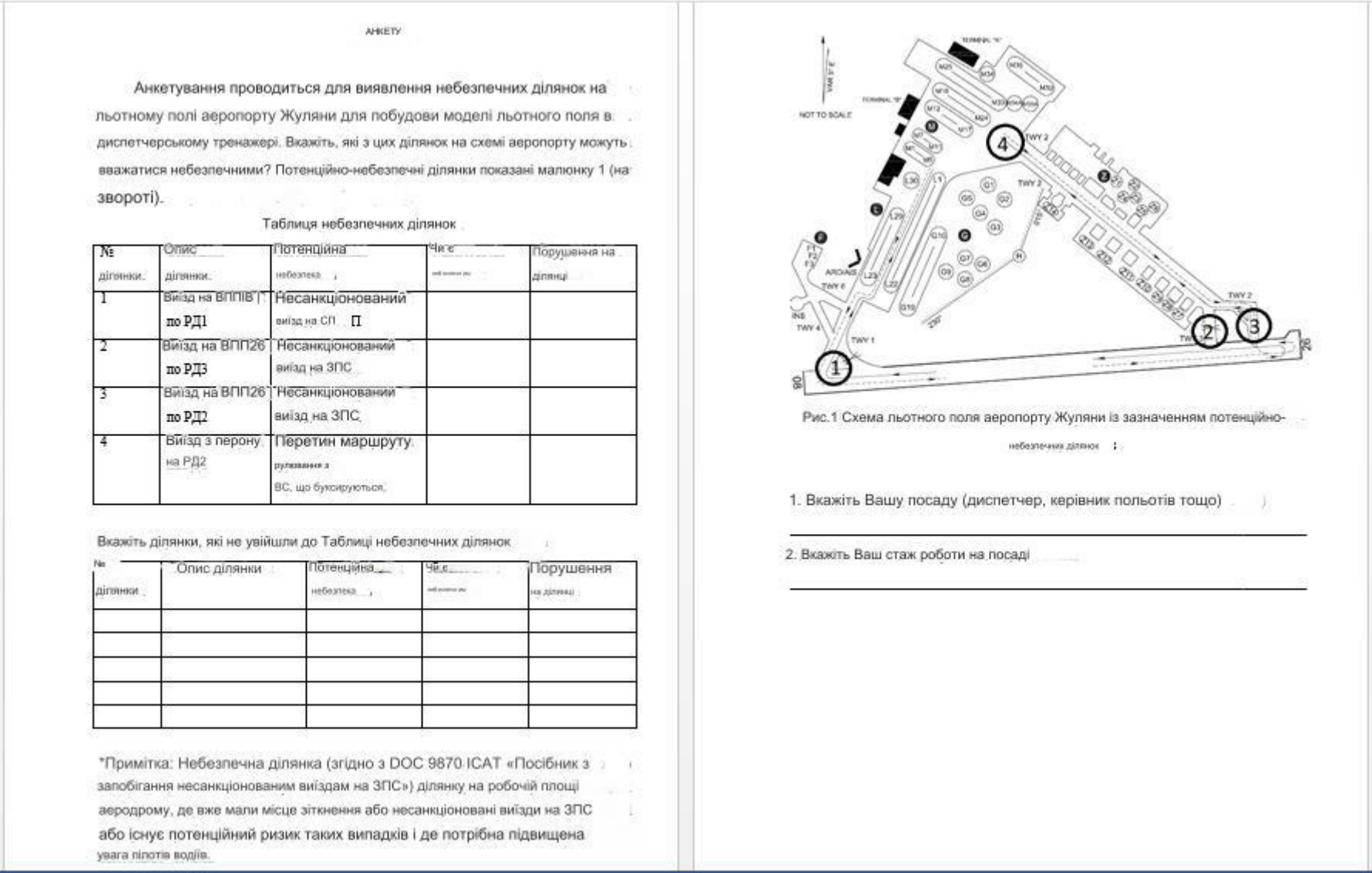


Рис. 2.6 Приклад анкетування в аеропорту Жуляни

За результатами анкетування:

- 28 респондентів визначили, що небезпечна ділянка №1,3,4;
- 6 респондентів визначили, що небезпечна ділянка №1,3;
- 2 респондентів визначили, що небезпечна ділянка №1,4.

Відсоткове прийняття рішень за працівниками зображено на рис. 2.5.



Рис.2.5 Результати анкетування

Найбільший відсоток по анкетуванню належить ділянкам №1, 3 та 4. Ділянки №1 та №3 – це несанкціонований виїзд на злітно-посадкову смугу, ділянка №4 – це перетин маршруту рулювання з буксированими повітряними суднами, ділянка №2 – не використовувалась. При проведенні анкетування, було виявлено, що не лише несанкціонований виїзд на злітно-посадкову смугу має негативний вплив на виконання польотів в аеропорту «Київ» (Жуляни), а й поганий огляд льотного поля. Схема льотного поля аеродрому «Київ» (Жуляни) з небезпечними ділянками на думку експертів зображена на рисунку 2.6.

Нами була проведена обробка даних експертного опитування. Ми створили матрицю групових переваг, відповідно до бального методу. Ми визначали узгодженість думок експертів по кожній небезпечній ділянці. Для цього, ми розраховували дисперсію (формула 2.1),

середньоквадратичне відхилення (формула 2.2) та коефіцієнт варіації (формула 2.3). Отримані дані ми зобразили в таблиці 2.14.

$$\text{Дисперсія } D_1 = \frac{\sum_{i=1}^m (R_{ep} - R_i)^2}{m-1} \quad (2.1)$$

$$\text{Середньоквадратичне відхилення } \sigma_1 = \sqrt{D_1} \quad (2.2)$$

$$\text{Коефіцієнт варіації } \nu_1 = \frac{\sigma_1}{R_{ep1}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

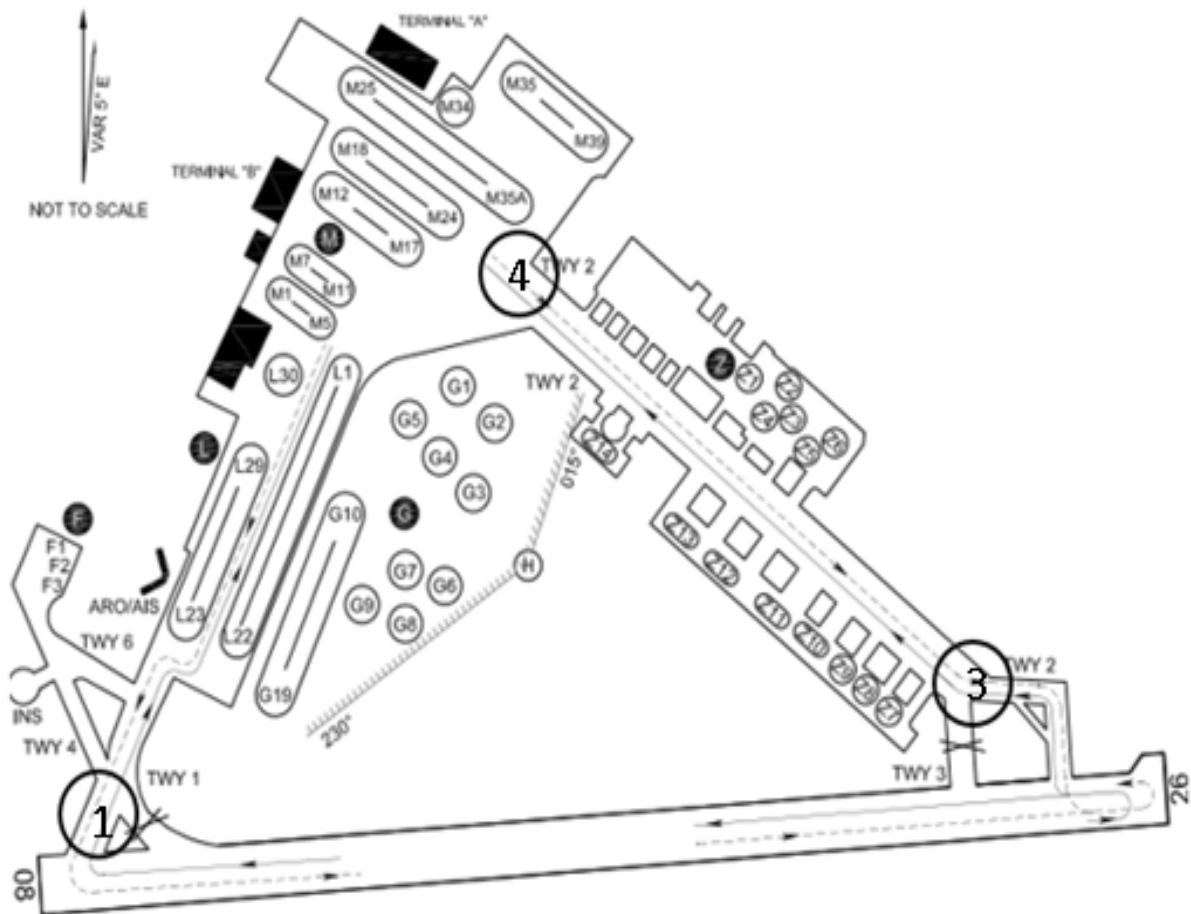


Рис.2.6 Небезпечні ділянки льотного поля аеродрому «Київ»
(Жуляни)

На всіх небезпечних ділянках коефіцієнт варіації $v_i \leq 33\%$, отже думки експертів узгоджено.

Використання методу експертних оцінок допомагає формалізувати процедури збору, узагальнення та аналізу думок спеціалістів з метою перетворення їх у форму, найбільш зручну для прийняття обґрунтованого рішення. Але, слід зауважити, що метод експертних оцінок не може замінити ні адміністративних, ні планових рішень, він лише дозволяє поповнити інформацію, необхідну для підготовки і прийняття таких рішень. Широке використання експертних оцінок правомірно тільки там, де для аналізу майбутнього неможливо застосувати більш точні методи. Експертні методи безперервно розвиваються і удосконалюються.

Таблиця 2.14

Отримані дані узгодженості думок експертів

	НД1	НД2	НД3	НД4
D_i	0.0069	0.2736	0.3635	0.2992
σ_i	0.0833	0.5231	0.6029	0.5470
$v_i, \%$	8.2192	13.695	27.1306	18.4036

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що складне планування аеродрому істотно підвищує вірогідність несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу. Як показують результати багатьох досліджень, частота несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу пов'язана з кількістю перетинів із злітно-посадковою смугою і характеристиками планування аеродрому. Поширеними факторами виникнення несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу є наступні:

- складність планування аеропорту, включаючи автомобільні дороги та руліжні доріжки, що примикають до злітно-посадкової смуги;
- руліжні доріжки для вильоту, які перетинають діючі злітно-посадкові смуги не під прямим кутом;

- відсутність руліжних доріжок, які огинають кінці злітно-посадкової смуги по периметру, для уникнення перетину злітно-посадкової смуги.

РОЗДІЛ 3

ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШЕНЬ ПРИ РУСІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ПО ЛЬОТНОМУ ПОЛЮ

Для розробки моделі алгоритмів виявлення порушень при русі повітряних суден по льотному полю ми запланували виконати наступні етапи :

- вивчити основні функціональні вимоги до систем контролю наземного руху;
- проаналізувати існуючу модель визначення порушень при здійсненні контролю наземного руху повітряних суден;
- сформулювати рекомендації до вдосконалення моделі наземного руху повітряних суден;
- виконати моделювання сигнальних ділянок на прикладах типів повітряних суден.

3.1 Основні функціональні вимоги до систем контролю наземного руху

Принцип побудови систем контролю наземного руху має передбачати вдосконалення системи на модульній основі. Система контролю на кожному аеродромі буде індивідуальним поєднанням модульних компонентів залежно від експлуатаційних факторів, і забезпечуватиме виконання основних функціональних вимог.

Спостереження. Функція спостереження системи контролю аеродромного наземного руху повинна:

- забезпечувати точну позиційну інформацію про всі пересування повітряних суден і транспортних засобів в межах робочої площі аеродрому;

- забезпечувати ідентифікацію та маркування транспортних засобів, яким дозволено рух в межах робочої площі аеродрому;
- справлятися з обробкою рухомих і нерухомих повітряних суден і транспортних засобів у межах зони дії функції спостереження;
- передбачати оновлення даних про час і місце розташування за маршрутом прямування, які потрібні для забезпечення необхідного управління і контролю;
- звертати увагу на дію несприятливих погоднім явищ і впливу топографічних умов.

Експлуатаційний стан всього обладнання спостереження має контролюватися системою, і, при необхідності, повинні видаватися відповідні попередження.

У межах необхідної зони аеродрому спостереження повинно забезпечуватися до певної абсолютної висоти, з тим щоб охоплювалися відхід на друге коло і польоти вертольотів на малих висотах.

Спостереження повинно забезпечуватися за повітряними суднами, що підходять до кожної злітно-посадкової смуги і знаходяться на такій відстані, яка дозволяє включити прибуваючі повітряні судна в процес обробки і забезпечувати можливість регулювання руху на аеродромі, включаючи вильоти повітряних суден або перетин повітряних суден з діючими злітно-посадковими смугами.

Плавний перехід повинен забезпечуватися від спостереження для цілей системи контролю наземного руху до спостереження за повітряними суднами в околицях аеродрому.

Система контролю наземного руху повинна виявляти будь-яке вторгнення в зону руху повітряних суден, на льотній смузі і в будь-які позначені захищені зони, встановлені адміністраціями аеропортів. Система спостереження повинна також постійно вказувати місце розташування повітряних суден, транспортних засобів та об'єктів, яким не дозволено перебувати в згаданих вище зонах.

Маршрутизація. У ручному або автоматичному режимі функція маршрутизації системи контролю наземного руху повинна:

- дозволяти встановлювати маршрут руху кожного повітряного судна або транспортного засобу в межах робочої площі аеродрому;
- передбачати можливість зміни пункту призначення повітряного судна або транспортного засобу в будь-який момент часу;
- передбачати можливість зміни маршруту руху повітряного судна або транспортного засобу;
- забезпечувати необхідне обслуговування інтенсивних потоків руху на складних аеродромах;
- не обмежувати вибір пілотом повітряного судна місця покидання злітно-посадкової смуги після посадки.

У напівавтоматичному режимі роботи функція маршрутизації повинна також надавати контролюючому повноважному органу консультативну інформацію про встановлені маршрути.

Примітка. У напівавтоматичному режимі роботи призначення маршрутів здійснюється контролюючим повноважним органом.

В автоматичному режимі роботи функція маршрутизації повинна також:

- призначати маршрути повітряного судна або транспортного засобу;
- надавати адекватну інформацію, що забезпечено можливість ручного втручання у разі відмови або на розсуд контролюючого повноважного органу.

При призначенні маршрутів повітряного судна або транспортного засобу система контролю наземного руху повинна:

- зводити до можливого мінімуму дистанцію рулювання відповідно до найбільш ефективної експлуатаційної конфігурації;

- взаємодіяти в інтерактивному режимі з функцією контролю для зведення до мінімуму кількості конфліктних ситуацій на перетинах;
- реагувати на експлуатаційні зміни (наприклад, зміна злітно-посадкової смуги, закриття маршрутів для обслуговування, тимчасові небезпечні умови або перешкоди);
- використовувати стандартну термінологію або символіку;
- передбачати можливість надання маршрутів в тих випадках, коли вони необхідні всім користувачам;
- передбачати засоби підтвердження маршрутів.

Управління. Функція управління системи контролю наземного руху повітряного судна або транспортного засобу повинна:

- забезпечувати необхідне управління будь-яким дозволеним рухом і передбачати можливість його використання на всіх можливих обраних маршрутах;
- надавати чіткі вказівки пілотам повітряних суден і водіям транспортних засобів, що дозволяють їм витримувати призначені маршрути;
- дозволяти всім пілотам повітряних суден і водіям транспортних засобів стежити за обстановкою в точках їх знаходження на призначених маршрутах;
- передбачати облік зміни маршруту повітряного судна або транспортного засобу в будь-який момент часу;
- забезпечувати вказівку маршрутів і зон, використання яких обмежується чи не передбачається;
- передбачати можливість контролю експлуатаційного стану всіх засобів управління;
- забезпечувати оперативний контроль з видачею попереджень у тих випадках, коли засоби управління вибірково перемикаються відповідно до вимог маршрутизації і контролю.

Примітка. У тих випадках, коли умови видимості дозволяють забезпечити безпечний, упорядкований і прискорений потік дозволеного руху, функція управління ґрунтуватиметься головним чином на стандартних наземних візуальних засобах. Якщо прискорений потік обмежується внаслідок погіршення видимості, буде потрібно додаткове обладнання або системи, крім візуальних засобів для підтримки інтенсивності потоку руху.

Контроль. Функція контролю системи контролю наземного руху повітряного судна або транспортного засобу повинна:

- забезпечувати пропускну здатність, достатню для максимальної дозволеної інтенсивності руху (динамічна пропускна здатність);
- забезпечувати пропускну здатність, достатню для планування запитуваних пересувань на аеродромі на період аж до однієї години (статична пропускна здатність);
- виявляти потенційно-конфліктні ситуації і забезпечувати їх вирішення;
- забезпечувати поздовжні інтервали до заздалегідь встановлених значень:
 - швидкостей;
 - відносних напрямків;
 - розмірів повітряних суден;
 - впливу реактивного струменя двигунів повітряних суден;
 - часу реакції людини і системи;
 - характеристик гальмування повітряних суден;
- видавати попередження щодо несанкціонованих виїздів на злітно-посадкову смугу і приводити в дію засоби захисту (наприклад, вогні лінії "стоп" або пристрої сигналізації);

- видавати попередження щодо несанкціонованих виїздів на руліжні доріжки і приводити в дію засоби захисту (наприклад, вогні лінії "стоп" або пристрої сигналізації);
- видавати попередження щодо вторгнення в критичні і чутливі зони, встановлені для радіонавігаційних засобів;
- видавати попередження щодо вторгнення в аварійні зони;
- передбачати можливість використання вбудованих керуючих обчислювальних пристроїв;
- забезпечувати участь диспетчерів управління повітряним рухом, пілотів повітряних суден та водіїв транспортних засобів у процесі прийняття рішень;
- контролювати рух повітряного судна або транспортного засобу у встановленому діапазоні швидкостей, забезпечуючи обслуговування операцій при всіх необхідних ситуаціях з урахуванням характеристик руху;
- передбачати можливість безперебійної роботи при всіх умовах видимості;

Мета функцій контролю, управління і маршрутизації повинна полягати в запобіганні зіткнень між повітряними суднами, транспортними засобами та іншими об'єктами на площі маневрування. При цьому може також передбачатися запобігання конфліктної ситуації. Функція контролю повинна забезпечувати обробку інформації про:

- а) відхиленнях повітряного судна або транспортного засобу від призначених маршрутів;
- б) експлуатаційні зміни (наприклад, зміна робочої злітно-посадкової смуги, маршрути, закриті з технічних причин, і тимчасові небезпеки або перешкоди);
- в) пріоритетні маршрути, призначені водіями аварійних і експлуатаційних транспортних засобів;

d) різні групи учасників, діяльність яких може вплинути на безпеку, включаючи повітряні судна, дозволені аеропортові транспортні засоби, інші аеропортові транспортні засоби (без будь-яких засобів зв'язку і транспортні засоби-порушники).

Функція спостереження сприяє підвищенню обізнаності про ситуацію та дозволяє постійно контролювати й оцінювати її відповідність запланованим операціям. Виявлена або прогнозована конфліктна ситуація повинна вирішуватися з урахуванням її серйозності. Для вирішення прогнозованої конфліктної ситуації в процесі планування потрібно достатній час. Однак фактична конфліктна ситуація вимагає негайних дій, які можуть виконуватись системою або людиною.

Важливим аспектом попередження про конфліктну ситуацію є проведення відмінності між виявленими і прогнозованими конфліктними ситуаціями. Виявлена конфліктна ситуація, яка вимагає прийняття негайних дій для запобігання зіткнення, повинна мати пріоритет по відношенню до прогнозованої конфліктної ситуації, яка вимагає прийняття термінових заходів для недопущення подальшого розвитку конфліктної ситуації.

Слід враховувати специфічні для кожного аеродрому параметри і ситуації. Нижче наводиться перелік деяких можливих сценаріїв попередження про конфліктні ситуації, які система попередження про конфліктну ситуацію повинна прогнозувати і виявляти:

а) конфліктні ситуації на злітно-посадковій смузі:

- повітряних суден, що прибувають на закриту злітно-посадкову смугу або якщо на ній знаходяться вилітаючі повітряні судна;
- конфлікт між прибуваючими або вилітаючими повітряними суднами та іншими повітряними суднами на злітно-посадковій смузі (включаючи повітряні судна за межами місць очікування біля злітно-посадкової смуги);

- конфлікт між прибуваючими або вилітаючими повітряними суднами і повітряними суднами, що рухаються по одній злітно-посадковій смузі, яка сходиться або перетинається з руліжними доріжками;

- конфлікт між прибуваючими або вилітаючими повітряними суднами і повітряними суднами, що прибувають на злітно-посадкову смугу з протилежного напрямку;

- конфлікт між прибуваючими і вилітаючими повітряними суднами і повітряними суднами, що перетинають злітно-посадкову смугу;

- конфлікт між прибуваючими і вилітаючими повітряними суднами і повітряними суднами, що здійснюють рулювання і наближаються до злітно-посадкової смуги (передбачається перетин місць очікування у злітно-посадкової смуги);

- конфлікт між прибуваючими повітряними суднами, які залишають злітно-посадкову смугу на великій швидкості, і повітряними суднами, що рухаються по одній руліжній доріжці, яка сходиться із злітно-посадковою смугою;

- конфлікт між прибуваючими повітряними суднами і повітряними суднами, що знаходяться у захищеній зоні;

- повітряними суднами, які вилітають із злітно-посадкової смуги в незапланованих або недозволених місцях;

- повітряними суднами, яким не надавався дозвіл, але вони наближаються до злітно-посадкової смуги;

- невпізнані повітряні судна, що наближаються до злітно-посадкової смуги;

б) конфліктні ситуації на руліжній доріжці:

- повітряні судна на закритій руліжній доріжці;
- повітряні судна, що наближаються до інших повітряних суден;
- повітряні судна, що наздоганяють повітряні судна, які рухаються в тому ж напрямку;

- конфлікт між повітряними суднами, які рухаються в зустрічному напрямку;
 - конфлікт між повітряними суднами, що наближаються до перетину рубіжних доріжок, та іншими повітряними суднами, які наближуються;
 - повітряні судна, що виконують рулювання з надмірною швидкістю;
 - повітряні судна, що сходяться з рубіжних доріжок в незапланованих або недозволених місцях;
 - недозволені повітряні судна на рубіжних доріжках;
 - неопізнані повітряні судна на рубіжних доріжках;
 - перетин лінії "стоп";
- с) конфліктні ситуації на пероні / місцях стоянки / в зонах посадки і висадки пасажирів:
- конфлікт між повітряними суднами, які виконують рух, і іншими рухомими об'єктами, які представляють небезпеку;
 - конфлікт між повітряними суднами, які виконують рух, і іншими нерухомими об'єктами, які представляють небезпеку;
 - повітряні судна, які вилітають із перону або місць стоянок або зон посадки і висадки пасажирів в незапланованих або недозволених місцях;
 - неопізнаний рух на пероні або місцях стоянок або в зоні посадки і висадки пасажирів.

3.2 Огляд існуючої моделі визначення порушень при здійсненні контролю наземного руху повітряних суден

Областю відповідальності служби управління повітряним рухом на аеродромі, як правило, є зона маневрування. Якщо в одних державах

передбачається створення окремого органу організації діяльності на пероні, то в інших державах служба управління повітряним рухом здійснює функції організації діяльності на пероні.

Відповідальність за операціями на площі аеродрому в цілому можна розділити на групи, кожній з яких властиві різні функції: керівництво аеродрому, організація діяльності на пероні, служба управління повітряним рухом, пілоти повітряних суден і водії транспортних засобів.

Персонал, контролюючий і експлуатуючий обладнання систем контролю наземного руху, несе певну відповідальність за забезпеченням його правильного функціонування; проте оператори можуть не нести відповідальності за автоматизовані функції, щодо яких вони не мають у своєму розпорядженні вхідні дані.

Основна відповідальність за технічну експлуатацію системи контролю наземного руху буде покладена на диспетчера в рамках цієї системи, яка може полягати в наступному:

- управління, забезпечуване системою контролю наземного руху;
- маршрутизація наземного руху, встановлена контролюючим повноважним органом;
- виявлення конфліктної ситуації автоматизованою системою управління повітряним рухом або безпосередньо диспетчером управління повітряним рухом;
- вирішення конфліктної ситуації, що включає взаємодію між автоматизованою системою управління повітряним рухом, диспетчером управління повітряним рухом, пілотом повітряного судна і водієм транспортного засобу.

Органи управління повітряним рухом контролюють рух повітряних суден і транспортних засобів у зоні маневрування, віддаючи при цьому пріоритет повітряним суднам. При цьому органи управління повітряним рухом повинні використовувати стандартну фразеологію, процедури і мову при веденні радіотелефонного зв'язку. В умови обмеженої видимості, коли

відповідальність за запобіганням зіткнень на землі перевищує можливості органу управління повітряним рухом, диспетчери можуть скоротити число пересувань повітряних суден або транспортних засобів на площі маневрування.

Для того, щоб орган управління повітряним рухом міг виконувати сформульовані вище обов'язки, система контролю наземного руху повинна бути спроектована таким чином, щоб, принаймні, надавати допомогу в запобіганні:

а) несанкціонованих виїздів повітряних суден і транспортних засобів на злітно-посадкову смугу та руліжні доріжки в будь-яких умовах видимості;

б) зіткнень між:

- повітряними суднами, що знаходяться на площі маневрування, при будь-яких умовах видимості;
- повітряними суднами і транспортними засобами, що перебувають на площі маневрування, при будь-яких умовах видимості;
- повітряними суднами, що знаходяться на площі маневрування, і перешкодами на цій площі, при будь-яких умовах видимості;
- транспортними засобами, що знаходяться на площі маневрування, в умовах видимості;
- транспортними засобами, що перебувають на площі маневрування, і перешкодами на цій площі в умовах видимості.

Сценарій несанкціонованого виїзду на злітно-посадкову смугу розроблено з метою визначення часу попередження системою спостереження про потенційне вторгнення та запобігання виїзду повітряного судна на робочу злітно-посадкову смугу (рисунок 3.1). Наведена геометрична побудова відноситься до аеропортів, де місце очікування біля робочої злітно-посадкової смуги розташовується на відстані 75 метрів від осрової лінії злітно-посадкової смуги. На основі цього сценарію і аналізу чутливості до зміни точності було визначено, що

відстань в 20 метрів забезпечить достатній час (з деяким допуском) для виявлення вторгнення і зупинки повітряного судна до його виїзду на злітно-посадкової смуги. Цей висновок зроблений з урахуванням того, що пілот безпосередньо отримує інформацію про конфліктну ситуацію.

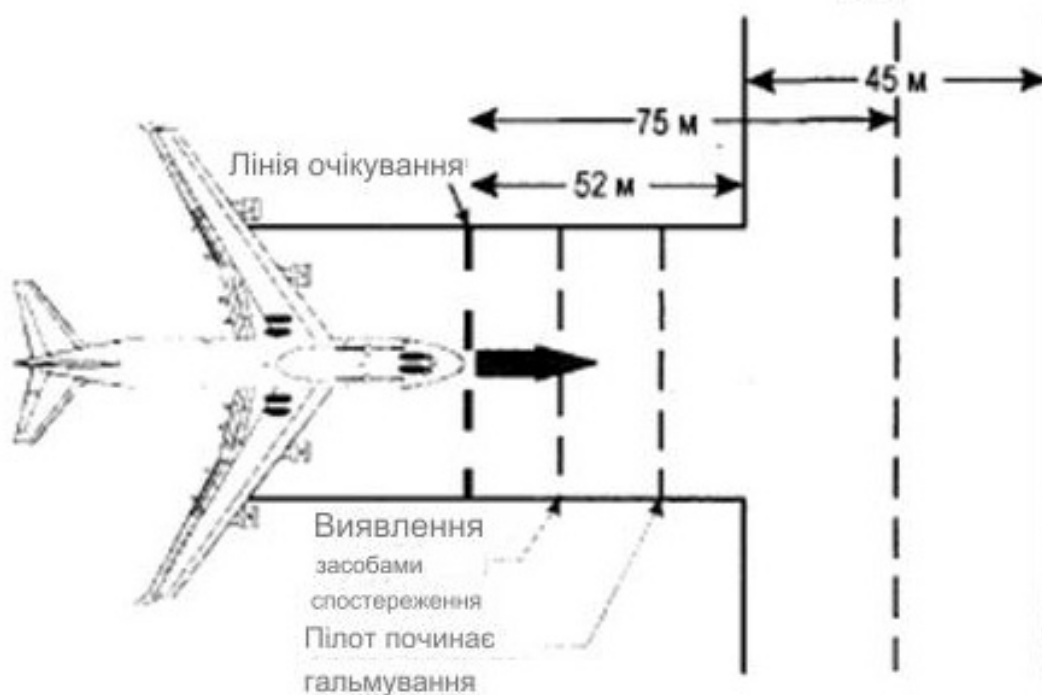


Рис.3.1 Попередження про несанкціонований виїзд на злітно-посадкову смугу

У тому випадку, коли про це повинен бути попереджений диспетчер повітряного руху і потім він повинен дати вказівку пілоту повітряного судна, яка б не була точність, все це призводить до надмірної тимчасової затримки і, як наслідок, нездатності запобігти виїзду повітряного судна на злітно-посадкову смугу. Проте в цілому точність спостереження, відповідна відстані менше 20 метрів може значно поліпшити характеристики системи і забезпечити більше часу для прийняття відповідних дій з метою уникнення конфліктної ситуації.

Грунтуючись на алгоритм роботи попередження про несанкціонований виїзд на злітно-посадкову смугу, ми пропонуємо

використовувати наступну модель автоматизації виявлення та, при необхідності фіксування такого порушення. Біля лінії очікування або лінії попереднього старту будуються 4 зони, попадання в які повітряного судна будуть нами трактуватися, як етапи розвитку порушення (рисунок 3.2).

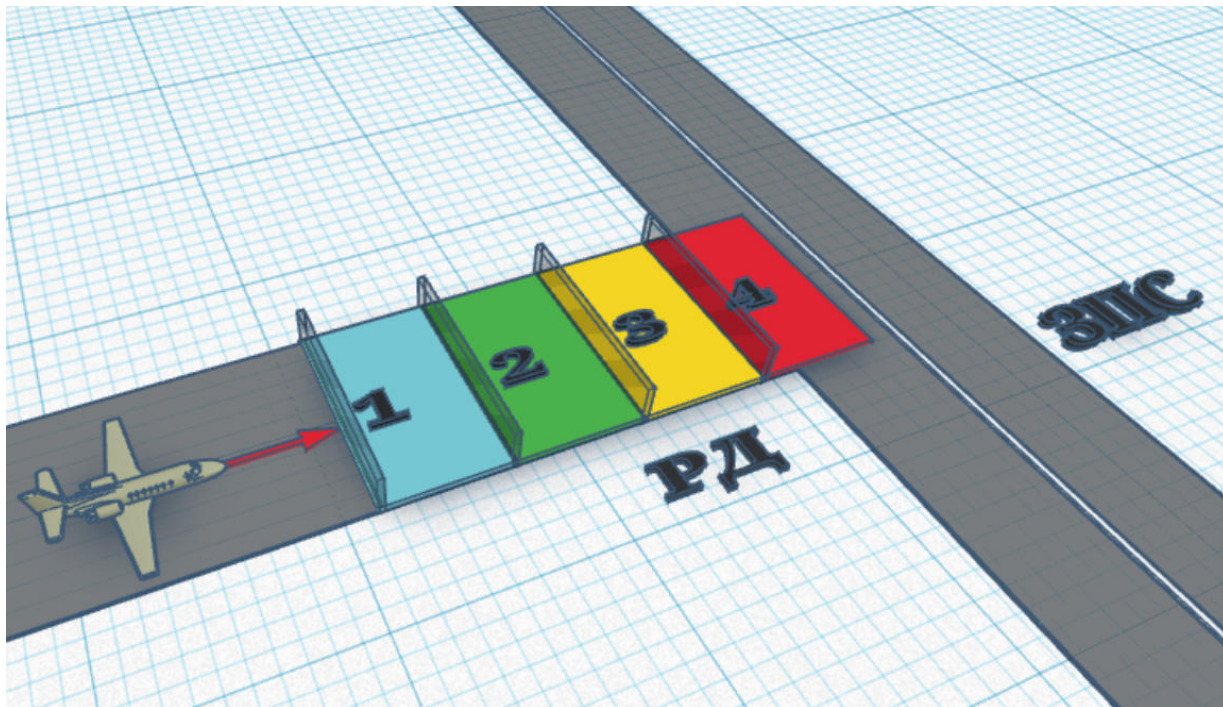


Рис.3.2 Попередження про несанкціонований виїзд на злітно-посадкову смугу

Далі ми опишемо ці етапи детально:

1. Вихід повітряного судна на лінію очікування. Це перший (безпечний) етап нашої моделі, який розпочинає процедуру визначення несанкціонованого виїзду на робочу злітно-посадкову смугу аеродрому. По напрямку руху повітряного судна до злітно-посадкової смуги ми будуємо сектор визначення виходу повітряного судна на лінію очікування. При вході повітряного судна в цей сектор, моделюється доповідь екіпажа повітряного судна про заняття лінії очікування.

2. Початок руху повітряного судна до заняття злітно-посадкової смуги. Сектор відповідає незначному просуванню повітряного судна від лінії очікування до злітно-посадкової смуги. Таке просування може бути

викликано як початком несанкціонованого виїзду повітряного судна на злітно-посадкову смугу, так і початком руху повітряного судна на робочу злітно-посадкову смугу для заняття виконавчого старту або виконання зльоту. Відповідно до класифікації серйозності наслідків несанкціонований вхід повітряного судна в цю зону відповідає категорії С (інцидент, який характеризується наявністю достатнього часу або достатньою дистанцією, щоб уникнути зіткнення). Нагадаємо, що класифікацію серйозності наслідків показано в Таблиці 1.1.

3. Продовження руху повітряного судна до заняття злітно-посадкової смуги. Сектор відповідає такому положенню повітряного судна, коли воно може створити перешкоду руху іншого повітряного судна, яке знаходиться на робочій злітно-посадковій смузі. Відповідно до класифікації серйозності наслідків, несанкціонований вхід повітряного судна в цю зону відповідає категорії В (інцидент, в якому розділяюча дистанція зменшується та існує високий ступінь вірогідності зіткнення, в результаті чого можуть знадобитися критичні за часом коригувальні дії у відповідь / маневри ухилення для уникнення зіткнення).

4. Повітряне судно займає робочу злітно-посадкову смугу. Повітряне судно входить безпосередньо в сектор, який відповідає злітно-посадковій смузі. У випадку, коли така подія відбувається з дозволу диспетчера управління повітряним рухом, це означає, що повітряне судно зайняло злітно-посадкову смугу для подальшого рулювання або зльоту. Несанкціоноване (тобто без дозволу диспетчера управління повітряним рухом.) потрапляння повітряного судна в цей сектор відповідає категорії А (Серйозний інцидент, в якому мало не сталося зіткнення). Розвитком цього етапу може стати виконання процедури відходу на повторний захід повітряного судна, що виконує посадку, припинення зльоту повітряного судна або, як крайній ступінь - зіткнення повітряних суден на злітно-посадковій смузі.

3.3 Рекомендації до вдосконалення системи наземного руху повітряних суден

Проаналізувавши роботу Лаказова «Модель системи контролю наземного руху для тренажерів авіадиспетчерів» ми змогли сформулювати рекомендації для вдосконалення моделі системи контролю наземного руху для тренажерів авіадиспетчерів. Рекомендації до вдосконалення моделі наступні:

1) Диспетчер управління повітряним рухом, пілоти та водії транспортних засобів, які використовують візуальне спостереження в цілях оцінки відповідних місцезнаходжень повітряних суден і транспортних засобів повинні нести відповідальність за виконання операцій в межах льотного поля.

2) При русі по призначеному маршруті, пілоти та водії транспортних засобів повинні покладатись на візуальні засоби (вогні, маркіровку, знаки).

3) В період обмеженої видимості, диспетчери повинні покладатись на донесення пілотів та на радіолокатори контролю за наземним рухом для спостереження за витримуванням безпечного інтервалу та визначення потенційно-конфліктних ситуацій.

4) Диспетчери, пілоти та водії транспортних засобів повинні нести однакову відповідальність за безпеку операцій в зоні льотного поля аеродрому.

Задачу контролю наземного руху ми можемо розділити на такі підзадачі, які вимагають створення алгоритмів для їх моделювання:

- несанкціонований виїзд на злітно-посадкову смугу;
- порушення поздовжнього інтервалу між повітряними суднами при наземному русі;
- визначення сигнальної ділянки, з метою уникнення конфліктних ситуацій на льотному полі.

Для підвищення практичної значимості (яка є одним із обов'язкових елементів дипломного проекту) нашої роботи, ми побудували модель сектора відповідальності диспетчера аеродромної диспетчерської вишки аеродрому «Київ» (Жуляни), включаючи перон, місця стоянок, руліжні доріжки і злітно-посадкову смугу, на якій (моделі) були визначені небезпечні ділянки (рисунок 2.5), визначені нами в результаті експертного опитування. Для формування моделей секторів, ми скористалися інструментом полігон, який активно використовується в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера, який ми застосовуємо як інструмент для практичної реалізації нашого проекту, для визначення входу повітряного судна в різні ділянки простору (сектори відповідальності, зони безпеки повітряних суден і т.д.).

Поздовжні безпечні інтервали

Для визначення мінімального поздовжнього безпечного інтервалу між повітряними суднами при наземному русі слід врахувати наступні параметри (згідно з вимогами «Посібника з удосконалення систем управління наземним рухом та контролю за ним (A-SMGCS)», викладеним у документі 9830 Міжнародної організації цивільної авіації):

- відстань, що покривається "наступним" повітряним судном протягом сумарного часу, необхідного пілотові, диспетчеру і системі управління наземним рухом та контролю за ним для того, щоб вжити заходів у відповідь;
- відстань, яка необхідна повітряному судну для зупинки;
- мінімальна відстань, яку необхідно завжди витримувати між двома повітряними суднами без урахування впливу реактивного струменя двигунів;
- суму довжини повітряного судна і відстані позаду нього, які мають витримуватися в цілях уникнення впливу реактивного струменя двигунів.

$S_{\text{пбі}}$ – мінімальний поздовжній безпечний інтервал між повітряними суднами

$$S_{\text{пбі}} = S_o + S_v + S_s + S_p \quad (3.1)$$

S_o – відстань виявлення;

S_v – відстань гальмування;

S_s – запас безпеки;

L_j – запас з урахуванням впливу реактивного струменя двигунів;

L_a – довжина літака;

$S_p = L_j + L_a$.

На рисунку 3.3 зображено поздовжній безпечний інтервал між повітряними суднами при наземному русі.

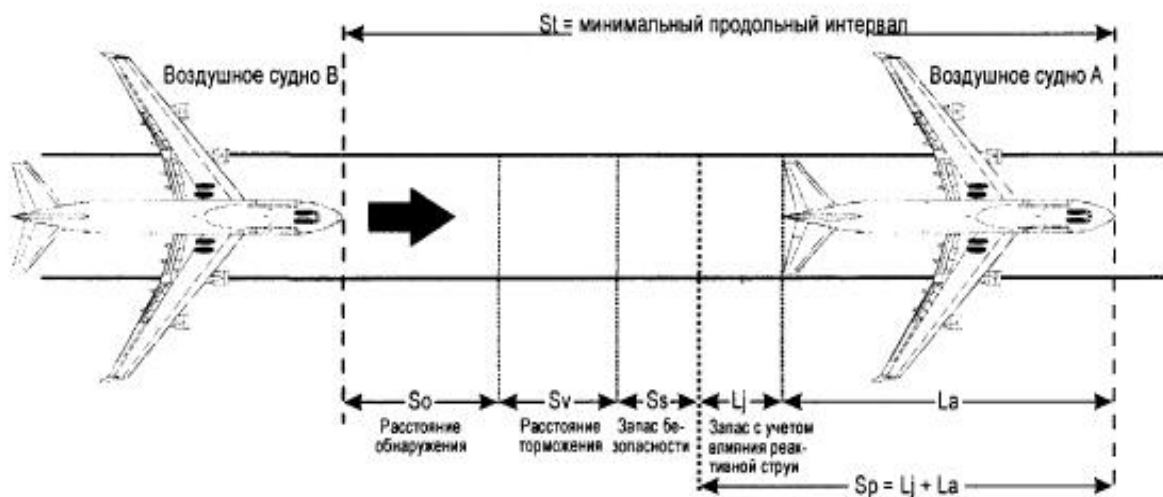


Рис.3.3 Визначення поздовжнього безпечного інтервалу між повітряними суднами при наземному русі

При наземному русі, обов'язково мають бути враховані швидкості переміщення повітряних суден та сумарний час T_s , який залежить від наступних компонентів:

$P_{\text{рп}}$ - час реакції пілота повітряного судна (секунди);

$C_{\text{рд}}$ - час реакції диспетчера управління повітряним рухом (секунди);

$S_{\text{рс}}$ - час реакції системи (секунди);

$S_{\text{оп}}$ - час реакції пілота повітряного судна з міркувань безпеки (секунди).

$$T_s = P_{\text{рп}} + C_{\text{рд}} + S_{\text{рс}} + S_{\text{оп}} \quad (3.2)$$

За даними документа «Посібника з удосконалених систем управління наземним рухом та контролю за ним (A-SMGCS)», сумарний час складає – 5 секунд, але нами був проведений експеримент, і ми визначили, що сумарний час для наших розрахунків T_s складатиме **12** секунд.

Таблиця 3.1

Швидкості гальмування B737, A320, AN140

№	Тип літака	Швидкість гальмування, в узлах
1	Boeing B737	8
2	Airbus A320	11
3	Antonov AN140	10

Для наших розрахунків, ми будемо використовувати середнє значення швидкості гальмування тих типів повітряних суден, які найчастіше зустрічаються в аеропорту «Київ» (Жуляни), а саме, це такі типи, як Boeing B737, Airbus A320, Антонов AN140 (табл. 3.1).

$S_{\text{пбіл}}$ – мінімальний поздовжній безпечний інтервал, враховуючи швидкості повітряних суден

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s = (A_a + A_b) + (V_a + V_b) * T_s \quad (3.3)$$

V_a - початкова швидкість повітряного судна 1 (кілометрів на годину);

V_b - початкова швидкість повітряного судна 2 (кілометрів на годину);

A_a - швидкість гальмування повітряного судна 1 (метрів на секунду);

A_b - швидкість гальмування повітряного судна 2 (метрів на секунду);

Тож, мінімальний безпечний інтервал враховуючи максимальні швидкості повітряних суден при гальмуванні та сумарний час становить:

$$S_{\text{пбіл}} = (0+11 \text{ вузлів}) * 12 = 7,71 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 92,52(\text{м})$$

Для підвищення рівня об'єктивності і автоматизації оцінювання порушень поздовжніх інтервалів при наземному русі повітряних суден по льотному полі аеродрому, варто розробити алгоритми автоматичного визначення порушень поздовжніх інтервалів наземного руху. Для цього ми розробили алгоритм визначення поздовжніх інтервалів наземного руху повітряних суден.

Моделювання поздовжнього безпечного інтервалу на прикладах типів повітряних суден

Для моделювання поздовжнього безпечного інтервалу між повітряними суднами під час наземного руху, ми вирішили обрати варіант 2 по алгоритму, враховуючи зміну швидкостей типів повітряних суден, а також зміну сумарного часу.

1. Для типу повітряного судна Boeing B737: швидкість гальмування – 13 вузлів, сумарний час – 12 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 13 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 6,682 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 80,184 (\text{м})$$

2. Для типу повітряного судна Airbus A320: швидкість гальмування – 15 вузлів, сумарний час – 12 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 15 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 7,71 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 92,52 (\text{м})$$

3. Для типу повітряного судна Антонов Ан-140: швидкість гальмування – 14 вузлів, сумарний час – 12 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 14 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 7,196 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 86,352 (\text{м})$$

Якщо ми зминемо сумарний час прийняття рішення системою, пілотом повітряного судна та диспетчером управління повітряним рухом як в «Посібнику з удосконалених систем управління наземним рухом та контролю за ним (A-SMGCS)», ми отримаємо наступні дані:

1. Для типу повітряного судна Boeing B737, його швидкість гальмування – 13 вузлів, сумарний час – 5 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 13 \text{ вузлів} * 5 \text{ с} = 6,682 \text{ м/с} * 5 \text{ с} = \mathbf{33,41 \text{ (м)}}$$

2. Для типу повітряного судна Airbus A320, його швидкість гальмування – 15 вузлів, сумарний час – 5 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 15 \text{ вузлів} * 5 \text{ с} = 7,71 \text{ м/с} * 5 \text{ с} = \mathbf{38,55 \text{ (м)}}$$

3. Для типу повітряного судна Антонов Ан-140, його швидкість гальмування – 14 вузлів, сумарний час – 5 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 14 \text{ вузлів} * 5 \text{ с} = 7,196 \text{ м/с} * 5 \text{ с} = \mathbf{35,98 \text{ (м)}}$$

Враховуючи час прийняття рішень, ми отримуємо різні розміри зони поздовжніх безпечних інтервалів. Тобто, чим швидше приймається рішення диспетчером, тим зона буде менша. Чим більший час прийняття рішення, тим більші розміри зони поздовжніх безпечних інтервалів.

Відповідно до вимог документа «Посібник з удосконалених систем управління наземним рухом та контролю за ним (A-SMGCS)» вдосконалена модель наземного руху повітряного судна повинна мати алгоритм виявлення потенційно-конфліктних ситуацій. Для цього варто врахувати час, що залишився до переходу потенційно-конфліктної ситуації до стадії конфліктної ситуації, тобто порушення встановлених мінімумів. Потенційно-конфліктна ситуація з найменшим часом до переходу в стадію

конфліктної ситуації повинна мати більш високий пріоритет у порівнянні з потенційно-конфліктними ситуаціями, у яких час до переходу в стадію конфліктної ситуації більший. Система попередження про потенційно-конфліктні ситуації при наземному русі повітряних суден повинна проводити такі відмінності за допомогою видачі користувачам системи попередження різного рівня. На рисунку 3.4 представлений алгоритм.

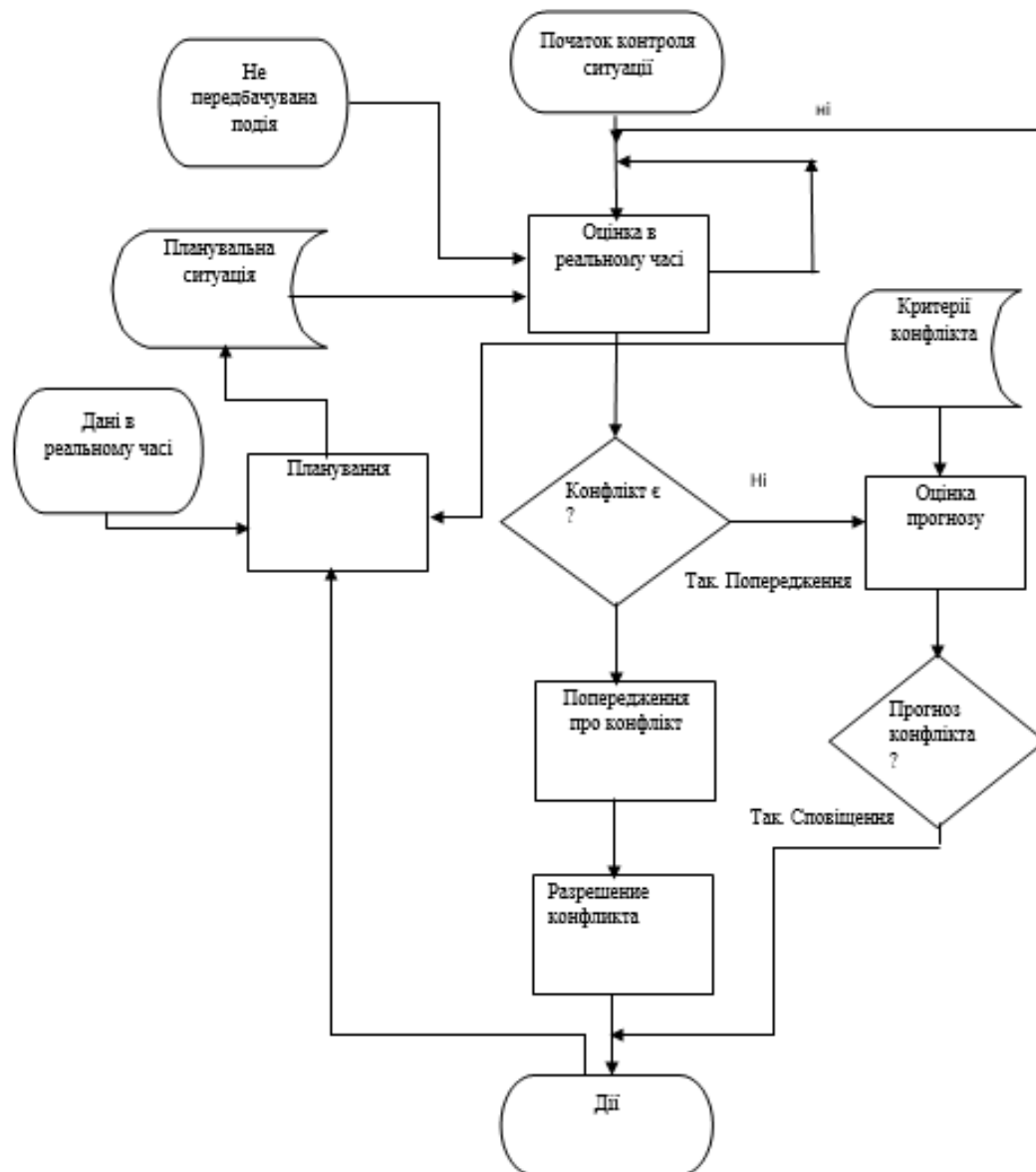


Рис.3.4 Алгоритм попередження про конфліктну ситуацію

Буферна зона

Для визначення буферної зони $S_{\text{буф}}$, ми повинні врахувати швидкість гальмування повітряного судна (табл. 3.1) та сумарний час. Буферна зона розраховується в такий спосіб:

$$S_{\text{буф}} = V_{\text{гальм}} \text{ ПС} * T_s \quad (3.4)$$

1 вузел = 0,514 м/с чи 1,852 км/г

15 вузлів = 7,71 м/с

$T_s = 12 \text{ сек}$

$$S_{\text{буф}} = 15 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = (7,71 \text{ м/с}) * 12 \text{ с} = \mathbf{92,52 \text{ (м)}}$$

Сигнальна ділянка

Для створення моделі сигнальної зони ми скористаємось алгоритмом, зазначеним вище. Сигнальна ділянка розраховується в такий спосіб:

$$S_{\text{сд}} = S_{\text{буф}} + S_{\text{пбіл}} \quad (3.5)$$

$$S_{\text{сд}} = 92,52 \text{ м} + 92,52 \text{ м} = \mathbf{185,04 \text{ (м)}}$$

На рисунку 3.5 побудована нами сигнальна ділянка*. На рисунку 3.6, ми побудували модель льотного поля аеропорту «Київ» (Жуляни) з сигнальними ділянками.

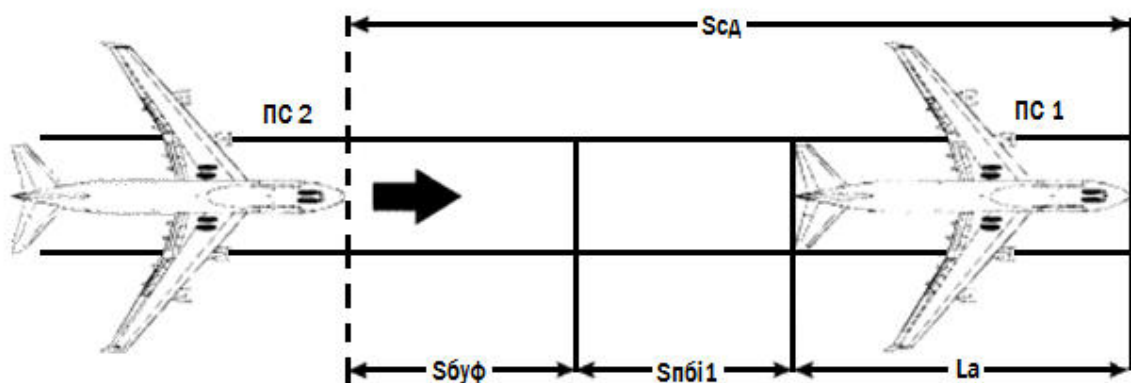


Рис.3.5 Модель сигнальної зони

*ПС 1 – повітряне судно 1;

ПС 2 – повітряне судно 2;

$S_{\text{сд}}$ – розміри сигнальної ділянки;

$S_{\text{буф}}$ – розміри буферної зони;

$S_{\text{пбіл}}$ – поздовжній безпечний інтервал між повітряними суднами;

L_a - довжина ПС1.

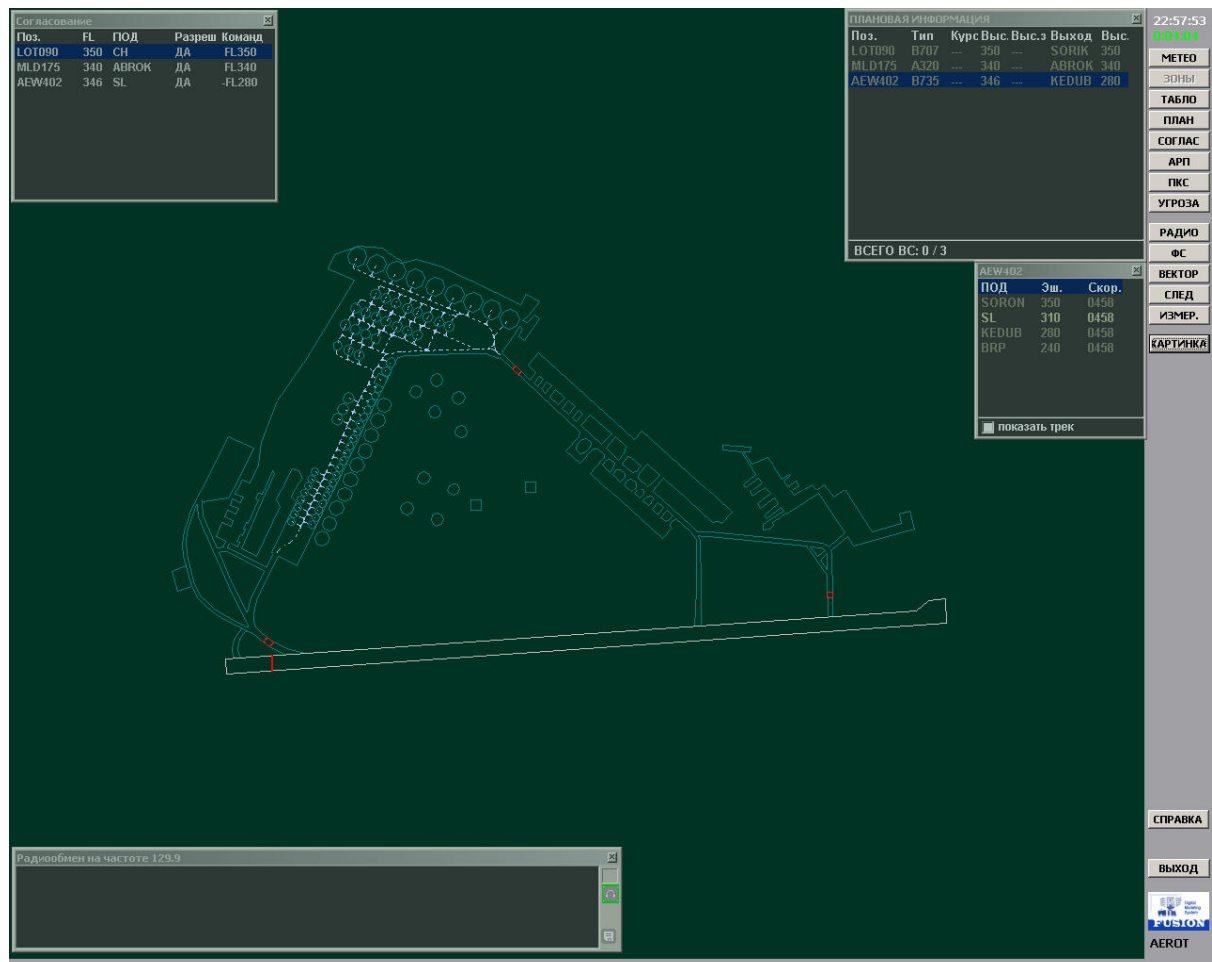


Рис.3.6 Модель льотного поля аеропорту «Київ» (Жуляни) з побудованими сигнальними ділянками

3.4 Моделювання сигнальних ділянок на прикладах типів повітряних суден

Ми провели розрахунок розмірів сигнальних ділянок для трьох типів повітряних суден, які ми перерахували раніше. Отримані значення ми зобразили в таблиці 3.2.

1) Для типу повітряного судна Boeing B737, його швидкість гальмування – 13 вузлів, сумарний час – 12 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 13 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 6,682 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 80,184 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{буф}} = V_{\text{гальм}} \text{ ПС} * T_s$$

$$S_{\text{буф}} = 13 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 6,682 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 80,184 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{сд}} = S_{\text{буф}} + S_{\text{пбіл}}$$

$$S_{\text{сд}} = 80,184 + 80,184 = 160,368 \text{ (м)}$$

2) Для типу повітряного судна Airbus A320, його швидкість гальмування – 15 вузлів, сумарний час – 12 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 15 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 7,71 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 92,52 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{буф}} = V_{\text{гальм}} \text{ ПС} * T_s$$

$$S_{\text{буф}} = 15 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 7,71 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 92,52 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{сд}} = S_{\text{буф}} + S_{\text{пбіл}}$$

$$S_{\text{сд}} = 92,52 + 92,52 = 185,04 \text{ (м)}$$

3) Для типу повітряного судна Антонов Ан-140, його швидкість гальмування – 14 вузлів, сумарний час – 12 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 14 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 7,196 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 86,352 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{буф}} = V_{\text{гальм}} \text{ ПС} * T_s$$

$$S_{\text{буф}} = 14 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 7,196 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 86,352 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{сд}} = S_{\text{буф}} + S_{\text{пбіл}}$$

$$S_{\text{сд}} = 86,352 + 86,352 = 172,704 \text{ (м)}$$

4) Для типу повітряного судна Airbus A319, його швидкість гальмування – 12 вузлів, сумарний час – 12 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 12 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 6,168 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 74,016 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{буф}} = V_{\text{гальм}} \text{ПС} * T_s$$

$$S_{\text{буф}} = 12 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 6,168 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 74,016 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{сд}} = S_{\text{буф}} + S_{\text{пбіл}}$$

$$S_{\text{сд}} = 74,016 + 74,016 = \mathbf{148,032(м)}$$

5) Для типу повітряного судна Boeing B757, його швидкість гальмування – 11 вузлів, сумарний час – 12 секунд.

$$S_{\text{пбіл}} = V * T_s$$

$$V = V_{\text{гальм}}$$

$$S_{\text{пбіл}} = 13 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 6,682 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 80,184 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{буф}} = V_{\text{гальм}} \text{ПС} * T_s$$

$$S_{\text{буф}} = 13 \text{ вузлів} * 12 \text{ с} = 6,682 \text{ м/с} * 12 \text{ с} = 80,184 \text{ (м)}$$

$$S_{\text{сд}} = S_{\text{буф}} + S_{\text{пбіл}}$$

$$S_{\text{сд}} = \mathbf{80,184 + 80,184 = 160,368 \text{ (м)}}$$

Примітка: Необхідно відзначити, що дані про льотно-технічні характеристики суден були отримані з відкритих інтернет-джерел і можуть відрізнятися від реальних. Ми вважаємо, що в рамках вирішення завдань нашого дослідження такі припущення можуть мати місце.

Таблиця 3.2

**Отримані значення сигнальних ділянок,буферної зони та
поздовжніх бічних інтервалів**

№	Тип ПС	$V_{\text{гальм}}, \text{УЗЛИ}$	$S_{\text{пбіл}}, \text{М}$	$S_{\text{буф}}, \text{М}$	$S_{\text{сд}}, \text{М}$
1	B737	13	80,184	80,184	160,368
2	A320	15	92,52	92,52	185,04
3	Ан140	14	86,352	86,352	172,704
4	A319	12	74,016	74,016	148,032
5	B757	13	80,184	80,184	160,368

По отриманим даним, ми можемо визначити середнє значення отриманої сигнальної ділянки:

$$S_{\text{сдср}} = (160,368 + 185,04 + 172,704 + 148,032 + 160,368) / 5 = 165,3024(\text{м}).$$

З точки зору забезпечення високого рівня безпеки при управлінні повітряним рухом на етапі наземного руху, ми вважаємо, що найбільш безпечним варіантом буде використання не середнього значення розмірів сигнальної ділянки, а найбільшого (для всіх типів повітряних суден, що застосовуються в даному аеропорту) значення. Ймовірно, що для забезпечення підвищення пропускнуєї спроможності аеропорту доцільно використовувати різні значення розмірів сигнальної ділянки для груп повітряних суден (наприклад, за масою (легкі, середні, важкі та надважкі) або іншими характерними ознаками)

Після виявлення сигнальної ділянки, слід вжити належних заходів щодо усунення небезпечних факторів. Аналіз напрацювань Міжнародної організації цивільної авіації у питанні забезпечення безпеки при наземному русі повітряних судом, а зокрема документа 9870 "Посібник із запобігання несанкціонованим виїздам на злітно-посадкову смугу" та документу 9830 "Посібник з удосконалених систем управління -SMGCS)", дозволяє нам запропонувати наступний перелік заходів: інформаційно-просвітницькі кампанії; додаткові візуальні засоби; використання альтернативних маршрутів руху; будівництво нових руліжних доріжок; усунення або зменшення "мертвих зон" в аеродромному диспетчерському пункті, у тому числі із застосуванням методів дистанційного спостереження. Надалі побудована нами модель аеропорту «Київ» (Жуляни) може використовуватися на етапах практичної підготовки здобувачів вищої освіти та диспетчерів управління повітряним рухом. Крім того, створення тренажера робочого місця диспетчера аеродромної диспетчерської вишки в рамках моделюючого комплексу роботи авіадиспетчера є актуальним завданням і може ґрунтуватися на побудованій нами моделі.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу причин виникнення порушень при операціях на ЗПС, були розглянуті сценарії розвитку порушень і виявлення сприяючих факторів. Виділені фактори пов'язані з роботою служби управління повітряним рухом.

2. Вивчивши напрацювання ІКАО, які стосуються зниження ризиків операцій на ЗПС, ми змогли визначити функціональні можливості, які необхідно реалізувати в системі управління та контролю наземного руху для тренажера авіадиспетчерів.

3. Проаналізувавши існуючу модель руху повітряного судна в моделюючому комплексі роботи авіадиспетчера, ми розробили критерії визначення та побудови небезпечних ділянок на льотному полі.

4. В результаті аналізу вимог керуючих документів ми розробили критерії виявлення порушень при русі повітряних суден по льотному полі із застосуванням моделі небезпечних ділянок.

5. Побудована модель небезпечних ділянок аеродрома Київ (Жуляни) та проведено моделювання з метою підтвердження працездатності моделі небезпечних ділянок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Безпека операцій на ЗПС / Журнал ІКАО, том 66, номер 2, Монреаль: ІКАО, ISSN 0018 8778. 2011. 40 с.
2. Керівництво з удосконалених систем управління наземним рухом та контролю за ним (A-SMGCS) / DOC 9830. Монреаль: ІКАО, 2004. 100 с.
3. Керівництво із запобігання авіаційним подіям. / Doc 9422-AN/924. 1-е вид. Монреаль: ІКАО, 1984. 150 с.
4. Орлов А.І. Експертні оцінки. // Заводська лабораторія. 1996. Т. 62. № 1. С. 54-60.
5. Річна доповідь Ради Міжнародної організації цивільної авіації. / Doc 9952. Монреаль: ІКАО, 2010. 184 с
6. EUROCONTROL Training Institute APD. URL: <http://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance>
7. Організація повітряного руху. Правила аеронавігаційного обслуговування / Doc 4444. 16-е вид. Монреаль: ІКАО, 2016. 508 с.
8. EUROCONTROL Specification for Advanced-Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS) Services / Edition: 2.0, Edition date: 22 April 2020, Reference nr: EUROCONTROL-SPEC-171, 150 p.
9. Draft EUROCONTROL Specification for Advanced-Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS) Services / (Second Edition) Formal Consultation 28 January 2020 – 30 March 2020, 13 p.
10. James W. Patterson, Jr. Renee N. Frierson, Identification Techniques to Reduce Confusion Between Taxiways and Adjacent Runways. / U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, September 2007, DOT/FAA/AR-TN07/54, 46 p.
11. Runway Incursion Serious Incidents & Accidents - SAFMAP

analysis of 2006 – 2016 data sample. / D2.2 02/04/2017, EUROCONTROL v.1.0, 38 p.

12. Runway Safety - Use of Stop Bars 24H / Edition Number: 1.0, Edition Date: September 2008, EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION, 54 p.

13. Advanced Surface Movement, Guidance and Control Systems (ASMGCS) - Implementation Manual / Edition Number: 1.0, Edition Date: 15/04/2011, EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION, 76 p.

14. EUROCONTROL Terrain and Obstacle Data Manual / European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL), Publications Reference: GUID-0158, ISBN Number: 978-2-87497-079-5, Edition Number: 2.1, Edition Date: November 2015, 225 p.

15. Самойлов В.Д., Березніков В.П., Писаренко О.П. Автоматизація побудови тренажерів та навчальних систем: Київ: Наукова думка, 1989. 200 с.

16. Лаказов А.В. Модель системи контролю наземного руху для тренажерів авіадиспетчерів: пояснювальна записка до дипломного проекту, КЛА НАУ, 2015.

17. Неділько О.В. Вдосконалення класифікації потенційно-конфліктних ситуацій для диспетчерських тренажерів: пояснювальна записка до дипломного проекту, КЛА НАУ, 2014.

18. Горпініч І.Ю. Модель визначення своєчасності прийняття рішень за потенційно конфліктних ситуацій на диспетчерських тренажерах: пояснювальна записка до дипломного проекту, КЛА НАУ, 2013.

19. 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).

20. 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).

21. 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).

22. 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).

23. Настанова з управління безпекою польотів (НУБП). / Дос 9859 AN/474. 3- вид. Монреаль: ICAO, 2013. 300с.

24. Керівництво щодо запобігання несанкціонованим виїздам на ЗПС. / Дос 9870 AN/463. 1-е вид. Монреаль: ICAO, 2007. 110с.

25. Глобальний план забезпечення безпеки польотів. / Дос 10004. 2-е вид. Монреаль: ICAO, 2016. – 122с.

26. Прогноз розвитку повітряного транспорту до 2025 року. / Циркуляр ICAO CIR 313 AT/134. Монреаль: ICAO, 2007. 65с.

27. Контроль факторів загрози та помилок (КЗП) при управлінні повітряним рухом. / Циркуляр ICAO CIR 314 AN/178. Монреаль: ICAO, 2008. 35с.

28. Додаток 11 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію «Обслуговування повітряного руху» / 14-е вид. Монреаль, ICAO, 2016. 144с.
29. Додаток 14 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію «Аеродроми. Том 1. Проектування та експлуатація аеродромів» / 7-е вид. Монреаль, ICAO, 2016. 380с.
30. 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).
31. Вивчення людського фактора під час авіаційних подій та інцидентів. / Циркуляр ICAO №240-AN/144. Монреаль: ICAO, 1993. 76 с.
32. Людський фактор під час управління повітряним рухом. / Циркуляр ICAO №241. Монреаль: ICAO, 1993. 39 с.
33. Людський фактор в управлінні та організації. / Циркуляр ICAO №247 - Монреаль: ICAO, 1994. 35 с.
34. Основні принципи обліку людського фактора у системах організації повітряного руху (ATM) / Doc 9758 – AN/966. Монреаль: ICAO, 2000. 149 с.
35. Настанова з управління безпекою польотів (НУБП). / Doc 9859 AN/474. 3-е вид. 2013. 300с.
36. Прогноз розвитку повітряного транспорту до 2025 року. / Циркуляр ICAO 313 - AT/134. Монреаль: ICAO, 2007. 165 с.
37. Людський чинник. Підготовка льотного екіпажу: оптимізація роботи екіпажу в кабіні (CRM) та льотна підготовка в умовах, наближених до реальних (LOFT): збірник матеріалів № 2. / Циркуляр ИКАО 217-AN/132. Монреаль: ICAO 1989. 73 с.
38. Додаток 13 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Розслідування авіаційних подій. / 11-е вид. Монреаль: ICAO, 2016. 74 с

39. Посібник з представлення даних про авіаційні події та інциденти (Настанова ADREP) / Doc 9156 AN/900. Монреаль: ICAO, 1987. 94 с.
40. 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).
41. Посібник з навчання у сфері людського чинника / Doc 9683 AN/950. Монреаль: ICAO, 1998. 370 с.
42. Документація до сесії Асамблеї у 2013 році. Річна доповідь ради / Doc 9975 AN/950. Монреаль: ICAO, 2011. 186 с.
43. Азарсков В.М. Етапи розвитку космічного тренажеробудування. / Вісник центрального наукового центру транспортної академії України. 2007. #10. с. 28-45.
44. Jan Noyes. A review of: "Human Reliability Analysis: Context and Control", by Erik Hollnagel, London, Academic: (1993) / Jan Noyes. Ergonomics: 1995. Volume 38, Issue 12,. p. 2614 – 2615.
45. European organisation for the safety of air navigation. New concept in human factors training develops controllers' skills at efficient teamwork / European organisation for the safety of air navigation. // ICAO Journal. 1999. vol. 54 #5 – p. 15-17, 26-27.
46. Правила аеронавігаційного обслуговування. Підготовка персоналу. / ICAO Doc 9868. Montreal: ICAO, 2006. 90 с.
47. Boeing. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959 -2006. Aviation Safety Boeing Commercial Airplanes. / Boeing. Seattle, Washington: 2007. 26 p.
48. Людський чинник. Експлуатаційні наслідки в обладнаних передовою технікою кабінах екіпажу: збірник матеріалів № 5 / Циркуляр ICAO 234-AN/142. Монреаль: ICAO, 1992. 53 с.
49. ESARR 5. ATM Services' Personnel / Eurocontrol. Edition 2.0, Edition date 11.04.2002. 24 p.

50. EUROCONTROL Specification for the ATCO Common Core Content Initial Training / Edition 1.0, Edition date 21.10.2008. 300 p.

51. Боровікова А.О. Модель визначення порушень при зайнятті повітряним судном злітно-посадкової смуги / «*CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC RESEARCH IN TODAY'S CONDITIONS*»: матеріали XXV Міжнародн. наук.-практ. конф., May 29-31, 2024, Florence, Italy, International Scientific Unity, 2024. 227 p.

52. Словник з міжнародної цивільної авіації. / Doc 9713. 3-є вид. Монреаль : ICAO, 2007. 832 с.

53. Runway Safety Team Handbook / Second Edition (unedited version). June 2015. Монреаль: ICAO, 2015. 30 p.