МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ Квасніков В. П.

«__» _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА та ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

Тема: « Наукове обґрунтування мінімальних рівнів видимості на аеродромі»

Виконавець: Андріяш Юрій Юрійович _____

Керівник: доцент кафедри Дев`яткіна Світлана Сергіївна _____

Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»:

Гай Анжела Євгеніївна _____

Консультант розділу «Охорона праці»: Занько Сергій Миколайович_____

Нормоконтролер: Катаєва Марія Олександрівна _____

Київ 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Квасніков В. П.

«___»_____2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Анріяша Юрія Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема роботи: «Наукове обґрунтування мінімальних рівнів видимості на аеродромі» затверджена наказом ректора від « » вересня 2020 року.

2. Термін виконання роботи з 05 жовтня 2020 року по 13 грудня 2020 року та з 21 грудня 2020 року по 31 грудня 2020 року.

3. Вихідні дані до роботи: вимоги міжнародних нормативних документів щодо мінімальних рівнів видимості на аеродромі та прийнятних орівнів ризиківщодо безпеки польотів, світлосигнальні системи аеродрому різних типів (ВВІ та ВМІ), вихідні дані для визначення показників надійності підсистеми вогнів наближення.

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз вимог нормативно-технічних документів щодо концепції обґрунтування мінімальних рівнів видимості на аеродромі. Аналіз можливостей та умов використання концепції конвертованої

метеорологічної видимості на аеродромах цивільної авіації. Параметри експлуатаційного мінімуму аеродрому при використанні світлосигнальних систем різних типів. Визначення показників надійності підсистеми вогнів наближення та оцінка їх впливу на рівень безпеки польотів. Охорона праці та навколишнього середовища.

5. Календарний план-графік

№	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Ознайомлення з темою дипломної роботи	05.10.2020-07.10.2020	Виконано
2	Створення плану дипломної роботи	08.10.2020-10.10.2020	Виконано
3	Збір інформації, її опрацювання та аналіз	11.10.2020-17.10.2020	Виконано
4	Написання першого розділу та передача на перевірку керівнику	18.10.2020-25.10.2020	Виконано
5	Написання другого розділу та передача на перевірку керівнику	26.10.2020-05.11.2020	Виконано
6	Написання третього та четвертого розділу	06.11.2020-18.11.2020	Виконано
7	Написання п’ятого та шостого розділу	19.11.2020-02.12.2020	Виконано
8	Створення презентації для захисту дипломної роботи	03.12.2020-07.12.2020	Виконано
9	Завершення роботи і написання вступу, реферату та висновків	08.12.2020-12.12.2020	Виконано

7. Дата видачі завдання: _____

Керівник дипломної роботи _____ Дев`яткіна Світлана Сергіївна

Завдання прийняв до виконання _____ Андріяш Юрій Юрійович

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 92 ст., 3 рис., 24 табл., 13 літературних джерел.

Об’єктом дослідження є технологічний процес забезпечення операцій кінцевого етапу заходу на посадку та зльоту на аеродромах цивільної авіації в умовах I, II, III категорій.

Предметом дослідження є мінімальні значення рівнів видимості на аеродромі.

Метою дипломної роботи є розробити наукові принципи обґрунтування мінімальних рівнів видимості (AVOL) на аеродромі.

У першому розділі розглянуто аналіз вимог нормативно-технічних документів щодо концепції обгрунтування мінімальних рівнів видимості на аеродромі.

У другому розділі розглянуто аналіз можливостей та умов використання концепції конвертованої метеорологічної видимості на аеродромах цивільної авіації.

У третьому розділі розглянуто параметри експлуатаційного мінімуму аеродрому при використанні світлосигнальних систем різних типів.

У четвертому розділі розглянуто визначення показників надійності підсистеми вогнів наближення та оцінити їх вплив на рівень безпеки польотів.

У п`ятому розділі розглянуто охорону праці.

У шостому розділі розглянуто охорону навколишнього середовища.

Основні словосполучення: СВІТЛОСИГНАЛЬНА СИСТЕМА АЕРОДРОМУ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ МІНІМУМ АЕРОДРОМУ, ДАЛЬНІСТЬ ВИДИМОСТІ, МЕТЕОРОЛОГІЧНА ОПТИЧНА ДАЛЬНІСТЬ ВИДИМОСТІ, НАДІЙНІСТЬ.

ЗМІСТ

Реферат…….. 4

Список скорочень ……7

Терміни та їх визначення…….9

Вступ…….……..15

1. Аналіз вимог нормативно-технічних документів щодо концепції обґрунтування мінімальних рівнів видимості на аеродромі ……...……17

1.1 Аналіз нормативно-технічних документів щодо концепції обґрунтування мінімальних рівнів видимості (AVOL) на аеродромі….……..17

1.2 Основні принципи визначення параметрів експлуатаційного мінімуму аеродром……..……..24

Висновки……..……..28

2. Аналіз можливостей та умов використання концепції конвертованої метеорологічної видимості на аеродромах цивільної авіації……....29

2.1 Використання концепції CMV на аеродромах цивільної авіації…..29

2.2 Визначення параметрів метеорологічної оптичної дальності видимості з урахуванням сили світла вогнів світлосигнальної системи аеродрому.....32

2.3 Аналіз результатів RVR та CMV в залежності від MOR……34

Висновоки……36

3. Параметри експлуатаційного мінімуму аеродрому при використанні світлосигнальних систем різних типів…….……..…..37

3.1 Визначення дальності видимості на злітно-посадковій смузі та видимості при використанні вогні малої та високої інтенсивності……37

3.2 Порівняльний аналіз значень дальності видимості на злітно-посадковій смузі та метеорологічної оптичної дальності видимості при використанні аеродромних вогнів високої та малої інтенсивності…..…….45

Висновоки……..……46

4. Визначення показників надійності підсистеми вогнів наближення та оцінити їх вплив на рівень безпеки польотів…….….47

4.1 Визначення показників надійності підсистем вогнів наближення I, II категорій …….47

4.2 Оцінка ризиків щодо безпеки польотів за показниками надійності підсистем вогнів наближення I, II категорій ……...52

Висновки…….54

5. Охорона праці……55

5.1. Перелік шкідливих і небезпечних виробничих факторів при технічній експлуатації світлосигнальної системи аеродрому……..…..55

5.2. Технічні заходи, що обмежують вплив на технічний персонал небезпечних виробничих чинників та інструкції з техніки безпеки.....57

5.3 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки світлосигнальної системи аеродрому ……....76

Висновки……78

6. Охорона навколишнього середовища……79

6.1 Світлове забруднення та його наслідки……79

6.2 Вплив вогнів ССА на навколишнє середовище……..81

6.3 Заходи, що сприяють підвищенню рівня екологічної безпеки та утилізація відходів…….…….84

Висновки……..……..90

Список бібліографічних посилань використаних джерел…….……..91

ВСТУП

В сучасному світі одним із найбезпечніших видів транспорту є повітряний транспорт. Він надає можливість якнайшвидше переміщатися з однієї точки в іншу. Для того щоб перевезення пасажирів і вантажу були безпечними необхідно дотримуватися всіх вимог вітчизняних та міжнародних нормативно-технічних документів. Етап візуального пілотування, тобто захід на посадку, посадка, пробіг по злітно-посадковій смузі (ЗПС), зліт та руління, є найважчим єтапом польоту повітряного судна, порівняно з іншими.

Для виконання технологічного процесу забезпечення операцій кінцевого етапу заходу на посадку та зльоту на аеродромах цивільної авіацій використовують кілька характеристик. Однією з таких характеристик аеродрому є мінімальні рівні видимості на аеродромі (aerodrome minimum operation level – AVOL).

Мінімальний рівень видимості на аеродромі (AVOL) – це характеристика аеродрому яка визначає здатність здійснювати технологічні операції при певних метрологічних умовах. Вказана характеристика визначається через мінімальне значення дальності видимості на ЗПС (Runway Visual Range – RVR) при забезпеченні функцій руління та зльоту на аеродромі, яке в свою чергу залежить від типу та конфігурації встановленного світлосигнального обладнання ЗПС (а саме, підсистеми осьових вогнів ЗПС), системи вогнів керування рулінням (SMGSC або ASMGSC), метеорологічного обладнання аеродрому. Значення дальності видимості на злітно-посадковій смузі, також, є одним з пареметрів, що входять до поняття «експлуатаційний мінімум аеродрому».

Тобто AVOL визначаєьтся в залежності від обладнання, яке встановлено на злітно-посадковій смузі, яке, у свою чергу, визначає значення дальності видимості на ЗПС і висоти прийняття рішення (мінімальної висоти зниження), що є параметрами експлуатаційного мінімуму при яких здійснюється посадка або руління та зліт.

Актуальність роботи по обгрунтуванню мінімальних рівнів видимості на аеродромі полягає в тому, що аеродром повинен мати інформацію стосовно мінімальних пареметрів видимості, за яких можуть здійснюватися операції зльоту, посадки та руління на злітно-посадковій смузі з прийнятними рівнями ризиків.

Для вирішення поставленої задачі була досліджена концепція конвертованої метеорологічної видимості на аеродромах цивільної авіації. Суть концепції полягає у використанні функціональної залежності між метеорологічною оптичною видимістю (MOR) і дальністю видимості(RVR) на ЗПС.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВИМОГ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО КОНЦЕПЦІЇ ОБГРУНТУВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ РІВНІВ ВИДИМОСТІ НА АЕРОДРОМІ

1.1 Аналіз нормативно-технічних документів щодо концепції обґрунтування мінімальних рівнів видимості (AVOL) на аеродромі

В якості засобів забезпечення польотів при значеннях (RVR), наведених у таблиці 1.1, відповідно до документу [5], слід використовувати зазначену в даний час систему світлосигнального обладнання для забезпечення польотів по кат III, включаючи посадочні, вхідні, осьові вогні ЗПС і вогні зони приземлення, проте в деяких випадках для польотів по кат III може допускатися відсутність вогнів наближення.

Мінімальне значення RVR для польотів по категорії III відповідає прийнятному мінімальному значенню TDZ і середньої точки для ВПП завдовжки понад 2500 м (8000 фут).

У деяких випадках мінімальне значення може бути встановлено для місця зупинки на ЗПС. Для заходів на посадку по кат III на ЗПС довжиною менш 2500 м (8000 фут) мінімальне значення (RVR) відноситься до всіх частин ВПП згідно таблиці 1.1.

Визначення експлуатаційного рівня видимості на аеродромі (AVOL) здійснюється виходячи з мінімального значення дальності видимості на зліт. Відповідно до вимог документу [3], зліт в умовах відсутності осьових вогнів ЗПС не може виконуватись в умовах дальності видимості на ЗПС менше ніж 400м.Таким чином AVOL на аеродромі може бути визначеним як 400 м, тим більш, що мінімальні значення дальності видимості на ЗПС перевищують значення 400 м

Таблиця 1.1 Приклад значень дальності видимості на злітно-посадковій смузі (RVR)

Категорія	Відносна висота прийняття рішення	Система керування при пробізі	RVR
III A	Менше 30 м(100 фут)	Не потрібна	175 м
III B	Менше 30 м(100 фут)	Одновідмовна	150 м
III B	Менше 15 м(50 фут)	Одновідмовна	125 м
III B	Менше 15 м(50 фут) або без обмежень DH	Двовідмовна	75 м

За посиланням документа [5] польоти по категорії III класифікуються наступним чином:

a) Польоти по кат III A. Точний захід на посадку за приладами і посадка при:

1) DH нижче 30 м (100 фут) або без ограгіченія DH;

2) RVR не менше 175 м.

b) Польоти по кат III B. Точний захід на посадку за приладами і посадка при:

1) DH нижче 15 м (50 фут) або без обмеження DH;

2) RVR менше 175 м, але не менше 50 м.

Примітка. Якщо DH і RVR не підпадають під одну і ту ж категорію, RVR є фактором, що визначає категорію польотів відповідно до документу [5].

Відносна висота прийняття рішення. Для польотів, виконання яких проходить з використанням DH, експлуатант повинен забезпечити відносну висоту прийняття рішення не нижче:

а) мінімальної висоти DH, вказане в інструкції з льотної експлуатації літака, якщо вона встановлена;

b) мінімальної відносної висоти, до якої може використовуватися засіб забезпечення точного заходу на посадку без передбачених візуальних орієнтирів;

c) DH, до якої льотному екіпажу дозволено виконувати польоти.

Відсутність обмежень відносної висоти прийняття рішення. Для польотів без обмеження DH експлуатант повинен забезпечити, щоб польоти виконувалися тільки в тому випадку, якщо:

a) польоти без обмеження DH дозволені в РЛЕ;

b) засоби заходу на посадку і засоби аеродрому можуть забезпечувати польоти без обмеження DH;

c) експлуатант отримав спеціальний дозвіл на виконання польотів кат III без обмеження DH.

Примітка. У випадку з ЗПС кат III можна припустити можливість виконання польотів без обмеження DH, якщо це конкретно не заборонено в AIP.

Таблиця 1.1 Системні мінімуми і схеми заходу на посадку по приборам

Схема заходу на посадку по приборам	Найнижча DH / MDH
ILS/MLS/GLS/SBAS кат I	60 м (200 фут)
GNSS(SBAS)	60 м (200 фут)
GNSS(LNAV/VNAV)	60 м (200 фут)
Курсовий радіомаяк з DME або без DME	75 м (250 фут)
Захід на посадку по оглядовому радіолокатору	75 м (250 фут)
SRA (закінчується на відстані 1 миля)	75 м (250 фут)
SRA (закінчується на відстані	90 м (300 фут)

1.2 Основні принципи визначення параметрів експлуатаційного мінімуму аеродром

Проблема визначення параметрів експлуатаційного мінімуму аеродрому при точному заході на посадку полягає у визначенні для певних значень висот прийняття рішення відповідних значень дальності видимості на ЗПС при тій довжині вогнів наближення та куті нахилу глісади, що встановлені на даному аеродромі з певного курсу посадки.

В основу концепції визначення параметрів ЕМА для кінцевого етапу заходу на посадку покладено два базові принципи.

Першим основним принципом є пріоритетність вимог Міжнародних Стандартів і Рекомендованої практики ІСАО [3, 4] щодо візуальних засобів забезпечення польотів, адже для експлуатанта аеродрому саме документи ІСАО є пріоритетними для застосування.

Другим базовим принципом визначення параметрів ЕМА є створення максимально комфортних умов для екіпажа ПС в процесі встановлення та збереження необхідного візуального контакту при злоті та на кінцевому етапі заходу на посадку, посадці і рулінні ПС до місця стоянки.

Безпека польотів на найбільш складному і відповідальному етапі польоту – етапі візуального пілотування у складних метеорологічних умовах гарантується, якщо екіпажу ПС створені всі умови з боку аеродромних служб для дії за основним правилом, що використовується на етапі візуальної оцінки та наступного візуального пілотування:

«Бачу – Розпізнаю – Оцінюю – Приймаю Рішення».

Вказане правило означає, що під час заходу на посадку для встановлення необхідного візуального контакту з вогнями ССА, к моменту зниження до висоти прийняття рішення, пілот ПС має виконати наступні дії.

1. Побачити візуальні орієнтири – фрагменти ССА.
2. Розпізнати візуальні орієнтири.
3. Оцінити положення ПС у просторі відносно ЗПС, а також, швидкість і напрям його руху.

4. Прийняти рішення про продовження посадки або відхід на друге коло на підставі отриманої візуальної інформації.

Для реалізації вказаного вище правила, при точному заході на посадку ПС, необхідно виконання двох основних умов.

1. Для встановлення візуального контакту з вогнями ССА, їх розпізнавання та оцінки положення ПС у просторі відносно ЗПС, швидкості і напряму його руху пілоту ПС потрібен час, що за даними ІСАО [4] складає від 1,5 до 3 секунд, в залежності від кваліфікації пілота та посадковій швидкості ПС.

Пункт 12.4.3, документа [3] наголошує: «Следует иметь в виду, что пилот не принимает мгновенного решения при достижении конкретной высоты. Фактическое решение о продолжении захода на посадку и последующей посадке является аккумулятивным процессом, который заканчивается только на установленной относительной высоте. Если до достижения высоты принятия решения огни не установлены, процесс визуальной оценки является неполным и вероятность ухода на второй круг будет существенно возрастать».

Пункт 1.2.32 документа [4]: «Исследования показали, что пилоту в среднем требуется около 3,5 с для того, чтобы переключиться от наблюдения внешних визуальных ориентиров к показаниям приборов и обратно к внешним ориентирам», пункт 1.4.42 цього ж документа наголошує: «Для оценки траектории полета относительно осевой линии ВПП (переменная величина, упомянутая в п. 1.4.15, б) требуется около 3 с».

Таким чином, візуальний контакт має починатися не на висоті прийняття рішення, а на висоті, що перевищує висоту прийняття рішення принаймні на 8 – 10 м для ПС категорій В, С.

2. Для встановлення та збереження необхідного візуального контакту з вогнями ССА в СМУ пілоту ПС необхідно і достатньо бачити 150 м ділянку земної поверхні з вогнями ССА. Цей факт достовірно встановлений багатьма дослідженнями та наводиться в Міжнародних Стандартах і Рекомендованій практиці ІСАО [3,4].

Пункт 1.2.32 документа [4] свідчить: «Исследования показали, что пилоту в среднем требуется около 3,5 с для того, чтобы переключиться от наблюдения внешних визуальных ориентиров к показаниям приборов и обратно к внешним ориентирам. Так как современное воздушное судно пролетает за этот период около 150 м становится очевидным, что по мере возможности визуальные средства должны в максимальной степени обеспечивать наведение и информацию, позволяющую пилоту следовать без необходимости перекестного контроля показаний приборов».

Пункт 1, додатока 4 документа [4] підкреслює: «Пилоту, выполняющему посадку воздушного судна в условиях ограниченной видимости , обычно требуется видеть участок общей системы огней приближения и ВПП, длина котрого равнв не менее 150 м. При осуществлении полетов по категоріям I и II пилоту необходимо видеть этот участок на относительной высоте принятия решения и после нее», пункт 21 «… составить таблицу потребных значений силы света , имея в виду, что длина видимого участка огней должна быть не менее 150 м, но при этом дополнительные преимущества от увеличения длины свыше 600 м будут небольшими».

Аналогічні вимоги містяться, також, в інших документах, в яких для встановлення та збереження необхідного візуального контакту регламентується довжина видимої ділянки земної поверхні, принаймні, 90 м. Далі, при проведенні розрахунків з визначення параметрів ЕМА пріоритет надаватиметься Міжнародним Стандартам та Рекомендованій практиці ІСАО [3,4].

З логічного аналізу етапу візуального пілотування, наведених цитат з міжнародних документів, в яких зосереджено світовий досвід, випливає, що прийняття рішення про посадку пілотом ПС не відбувається миттєво, що цей процес є акумулятивним процесом, який відбувається за вказаним вище правилом : «Бачу – Розпізнаю – Оцінюю – Приймаю Рішення».

Цей факт означає, що рішення про здійснення посадки або про відхід на друге коло, може бути сформоване тільки у випадку, якщо пілот, починаючи з

висоти початку візуальної оцінки, бачить 150 м ділянку земної поверхні з вогнями ССА, розпізнає до якої з підсистем ССА вони належать, на підставі цієї інформації оцінює місцеположення ПС у повітрі, напрям і швидкість руху ПС та, нарешті, приймає рішення про продовження посадки або відхід на друге коло.

Таблиця 1.2 Класифікація типів заходів на посадку

Тип заходу на посадку	Двохмірний (виконується до MDA/H)		Тривимірний (виконується до DA/H)	
	Звичайний	PBN	Звичайний	PBN
Тип А (MDH або DH дорівнює/перевищує 75 м (250 фут)	VOR, NDB, LOC	APCH (LNAV, LP)	ILS, MLS, GLS кат I	APCH (LNAV/VNAV, LPV) AR (RNP 0,x)
Тип В (DH нижче 75 м (250 фут)	**X**	**X**	ILS, MLS, GLS кат I, II или III	APCH (LPV)

Примітка. Для RNP AR APCH мінімуми будуть представлені як RNP 0,x, де 0,x позначає значення RNP, встановлений на кінцевій ділянці заходу на посадку (0,3 м. милі; 0,2 м. милі; 0,1 м. милі)

На висоті прийняття рішення воно (рішення) вже має бути сформоване у пілота, адже, за визначенням, це мінімальна висота, на якій має бути початий

маневр відходу на друге коло, якщо, принаймні, візуальний контакт не був встановлений.

Концепція визначення параметрів ЕМА, що базується на двох вище сформульованих принципах, складається з наступних етапів:

На першому етапі аналізу підлягає ЗПС та її аеронавігаційне радіотехнічне, світлосигнальне та метеорологічне обладнання для класифікації ЗПС за н таблицею 1.2,відповідно до документу [7].

Результатом проведеного аналізу є висновок про те, які процедури зльоту, заходу на посадку, посадки та руління забезпечуються на даному аеродромі: зліт, зліт в умовах низької видимості (LVTO), візуальний захід на посадку, захід на посадку з кола, неточний захід на посадку, точний захід на посадку по категоріях I, II, III, захід на посадку по APV.

На другому етапі аналізуються рельєф місцевості аеродрому, наявність та висоти прольоту перешкод (OCH/A) для встановлення мінімальних значень висот прийняття рішення (DH/A) та мінімальних висот зниження (MDH/A) для точного та неточного заходів на посадку. Вказані мінімальні значення DH/A та MDH/A не повинні бути менше OCH/A.

$$DH / MDH \geq OCH$$

В разі відсутності перешкод на аеродромі мінімальні значення DH/A, MDH/A встановлюються в залежності від аеронавігаційного радіотехнічного обладнання відповідно до вимог документа [5]. Тобто, якщо немає ніяких додаткових обмежень, мінімальні значення DH та MDH дорівнюють OCH.

$$DH_{\min} / MDH_{\min} = OCH$$

На третьому етапі визначаються мінімальні значення дальності видимості на ЗПС (RVR) в залежності від встановлених значень висот прийняття рішення DH/A, мінімальних висот зниження (MDH/A), типу ССА та класу її підсистеми вогнів наближення, тобто довжини підсистеми вогнів наближення.

Клас підсистеми вогнів наближення ССА враховується при неточному заході на посадку та точному заході на посадку за I, категорією та при заході на посадку по APV.

Визначення мінімальних значень RVR для відповідних висот прийняття рішень проводиться за методикою, що наводиться нижче.

Отже, на третьому етапі, з застосуванням математичної моделі етапу візуального пілотування, що розроблена на базі двох вище вказаних принципів, сформульованих виключно на підставі вимог Міжнародних Стандартів і Рекомендованої практики ICAO [3,4], визначаються мінімальні значення дальності видимості на ЗПС (видимості) для відповідних мінімальних значень висот прийняття рішення (мінімальних висот зниження) для неточного заходу на посадку.

Додатково розглянемо математичну модель для визначення дальності видимості на ЗПС при заході на посадку відповідно до документу [5] зображена на рис. 1.2.

1. Встановлення контакту з наземними орієнтирами вогнями ССА пілот повинен починати не на мінімальній висоті зниження (MDA/H), а раніше, на висоті початку візуальної оцінки $H_{\text{ВПВО}}$, мінімальне значення якої для ПС категорій A, B, C, D складає 8 м.

При такому значенні $H_{\text{ВПВО}}$ рішення про можливість здійснення посадки буде сформоване пілотом приблизно на мінімальній висоті зниження $H_{\text{MDH/A}}$. Кількісно значення $H_{\text{ВПВО}}$ обґрунтовується на підставі класифікаційної швидкості ПС певного типу та мінімальному проміжку часу (2,5 с), якого, в середньому, достатньо пілоту ПС для сприйняття і обробки отриманої візуальної інформації.

2. Для встановлення і збереження необхідного візуального контакту пілот ПС має постійно тримати в полі зору ділянку земної поверхні з вогнями ССА мінімальною довжиною 150 м – $L_{\text{вк}}$. Це та відстань у проекції на горизонтальну площину, яку проходить ПС категорій A, B, C, D за 2,5 сек.

Враховуючи, що розглядається 2D захід на посадку, точність якого менша, порівняно з 3D, збільшимо ділянку необхідного візуального контакту з 150 м до 300 м.

3. Глісада зниження ПС під час заходу на посадку складає $\alpha°$.

4. Оптимальна точка приземлення знаходиться на відстані $L_{тп}$ = 300 м від торця ЗПС.

5. В загальному випадку, пілот сидить на кілька метрів вище та зміщено вперед від точки головного шасі, але через те, що врахування цих відстаней майже не впливає на точність кінцевого результату (адже RVR все одно округлюється до десятків метрів), врахування цих відстаней не має сенсу.

6. Довжина підсистеми вогнів наближення $L_{ПВН}$ може бути різною, в залежності від класу підсистеми вогнів наближення в ССА, і задається для конкретного аеродрому.

7. В результаті розрахунків визначається горизонтальна дальність видимості на ЗПС, однак насправді має визначатися похила дальність видимості на ЗПС, адже пілот встановлює візуальний контакт, перебуваючи на певній висоті.

Вказана неточність не дуже впливає на результати розрахунків RVR, адже похибка не перевищує і десятка метрів, наприклад для висоти 100 м різниця між похилою і горизонтальною дальністю видимості на ЗПС становить лише 2 м, а для практичного використання значення RVR потім округлюється у більшу сторону.

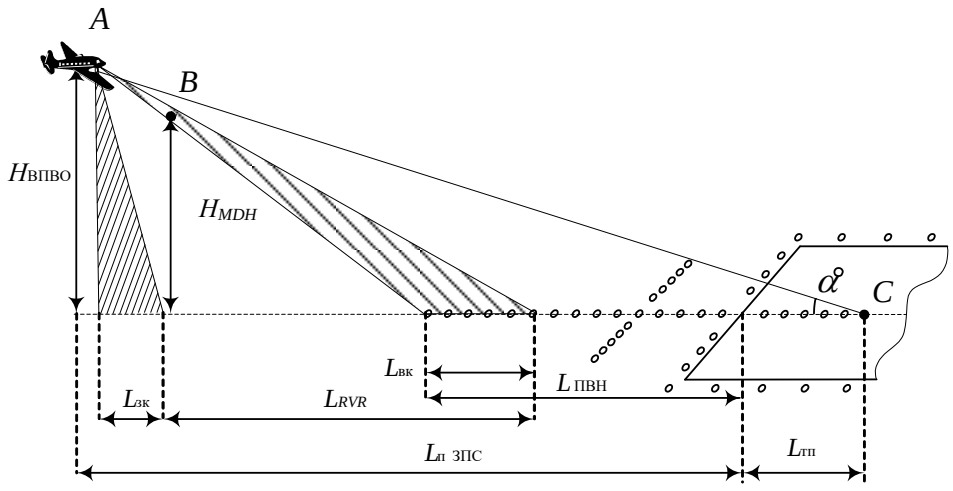

Рис. 1.2. Схема завершення заходу на посадку ПС після здійснення маневру 2D заходу на посадку по приладах типу А з використанням наземних візуальних засобів – вогнів ССА

У точці **A** пілот перебуває на висоті $H_{\text{ВПВО}}$ де, при певному значенні RVR – L_{RVR} – він буде спостерігати 150 м ділянку підсистеми вогнів наближення.

На проміжку часу, поки ПС знижується з витримуванням номінальної траєкторії глісади від точки **A** до точки **B** пілот спостерігає та оброблює отриману візуальну інформацію – розпізнає вогні, що побачив, і оцінює місцеположення ПС у просторі, оцінює його напрям руху і швидкість.

Таким чином, при зниженні до точки **B** рішення про можливість посадки у пілота ПС вже сформоване.

В разі прийняття рішення про посадку, при подальшому зниженні по глісаді, пілот здійснює посадку в районі точки C – оптимальній точці приземлення.

Для розрахунку значення RVR для ПС, що знаходиться на мінімальній висоті початку візуальної оцінки $H_{\text{ВПВО}}$ для того, щоб на мінімальній висоті зниження рішення про можливість посадки у пілота вже було сформоване, скористаємося наступним виразом:

$$L_{\text{п ЗПС}} + L_{\text{тп}} = \frac{H_{\text{ВПВО}}}{\text{tg}\alpha}, \tag{1.1}$$

де $L_{\text{п ЗПС}}$ – відстань від ПС, що здійснює посадку до порогу ЗПС.

Розділимо відстань від ПС, що здійснює посадку, до порогу ЗПС, $L_{\text{п ЗПС}}$ на складові доданки (нехтуючи відстанями, що складають кілька метрів) і перепишемо вираз (1.1), як

$$L_{RVR} + L_{\text{ПВН}} - L_{\text{вк}} + L_{\text{тп}} = \frac{H_{\text{ВПВО}}}{\text{tg}\alpha}. \tag{1.2}$$

Враховуючи, що для ПС категорій A, B, C, D встановлення візуального контакту з вогнями ССА повинне початися на висоті не менше ніж 8 м над висотою прийняття рішення, (мінімальною висотою зниження) отримуємо:

$$H_{\text{ВПВО}} = H_{\text{MDH}} + 8 \text{ (м)}. \tag{1.3}$$

З формули (1.2) виразимо значення L_{RVR}, без урахуванням довжини ділянки затінення земної поверхні кабіною пілота.

$$L_{RVR} = \frac{H_{\text{MDH}} + 8}{\text{tg}\alpha} - L_{\text{ПВН}} \qquad (1.4)$$

За виведеною формулою (1.4) будемо визначати значення дальності видимості на ЗПС, в залежності від відносної мінімальної висоти зниження та класу підсистеми вогнів наближення.

При вказаній RVR гарантується встановлення та збереження візуального контакту на ділянці довжиною 300 м пілотом ПС , що здійснює кінцевий етап заходу на посадку і посадку після 2D заходу на посадку по приладах типу А.

В разі, якщо відбувається 3D захід на посадку по приладах типу А або В, а на аеродромі встановлена ССА типу ВВІ, то формула (1.4) набуває іншого вигляду, адже мінімальна ділянка для встановлення і збереження візуального контакту в цьому випадку може бути зменшена до 150 м, замість 300 м

$$L_{RVR} = \frac{H_{\text{MDH/DH}} + 8}{\text{tg}\alpha} - L_{\text{ПВН}} - 150. \qquad (1.5)$$

Висновки

1) Проаналізовано вимоги Стандартів та Рекомендованої практики ІСАО щодо визначення дальності видимості на ЗПС та параметри ЕМА для ПС, що можуть здійснювати заходи на посадку.

2) Розглянуто математичну модель етапу візуального пілотування на кінцевій ділянці заходу на посадку, яка дозволяє визначати необхідні значення дальності видимості на ЗПС для різних категорій ПС та різних типів заходів на посадку.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА УМОВ ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ КОНВЕРТОВАНОЇ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ВИДИМОСТІ НА АЕРОДРОМАХ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

2.1 Використання концепції конвертованої метеорологічної видимості на аеродромах цивільної авіації

Під перевідною (конвертованою) метеорологічною видимістю CMV розуміється значення (еквівалентне одному з значень RVR), що виводиться з повідомленої метеорологічної оптичної видимості (MOR).

Відповідно до вимог додатку Е, документа [5] концепція CMV почала використовуватися експлуатантами повітряних суден (ПС) європейських держав і багатьма іншими експлуатантами ПС за межами Європи.

Таблиця 2.1

Действующие элементы освещения	RVR/CMV – сообщаемая метеорологическая видимость, умноженная на	
	День	Ночь
Огни приближения и огни ВПП высокой интенсивности	1,5	2,0
Любой тип устройств освещения, отличающихся от указанных выше	1,0	1,5
Световое освещение отсутствует	1,0	Неприменимо

Дана функціональна залежність пропонується в документі [5], додатку Е у вигляді таблиці 2.1

Суть концепції полягає в використанні функціональної залежності між метеорологічною оптичною видимістю – MOR (Meteorological Visual Range) і

дальністю видимості на злітно-посадковій смузі (ЗПС) – RVR (Runway Visual Range).

Вимогами документа [5] експлуатанту ПС забороняється користуватися таблицею 2.1 у наступних випадках:

1.Для визначення дальності видимості на ЗПС – RVR при виконанні зльоту.

2.Для розрахунку дальності видимості на ЗПС – RVR менше ніж 800,0 м.

3.При наявності інформації про значення дальності видимості на ЗПС – RVR.

Відповідно до вимог документа [5], при користуванні експлуатантом ПС таблицею 2.1 між двома величинами – дальністю видимості на ЗПС – RVR і перевідною дальністю видимості – CMV ставиться знак рівності, тобто експлуатант ПС за умови зазначених обмежень, може використовувати CMV в якості RVR.

Метою пропозиції є визначення можливості та умов використання алгоритму конвертації CMV в RVR на аеродромах України.

Слід зазначити, що проблема перевідної дальності видимості на ВПП набула для певної кількості аеродромів України актуальності після введення в дію документа [8], де чітко прописано наступне: «На аеродромах, ЗПС яких не обладнані світлосигнальними системами вогнів високої інтенсивності, а також на аеродромах, ЗПС яких обладнані вогнями високої інтенсивності, в періоди, коли світлосигнальні системи не працюють з технічних причин, дальність видимості на ЗПС не розраховується, не вноситься до зведень погоди та не відображається на ПД (погодний дисплей автоматизованих (автоматичних) систем метеорологічних спостережень)».

В цьому ж документі сказано, що на аеродромах ЗПС яких не обладнанні вогнями високої інтенсивності «….при проведенні інструментальних спостережень за видимістю визначається метеорологічна оптична дальність видимості (MOR), що включається до зведень погоди як значення видимості».

Станом на сьогодні в Україні нараховується більше десяти аеродромів ЗПС яких обладнана світлосигнальними системами типу вогні малої інтенсивності (ВМІ), причому шість ЗПС мають аеронавігаційні засоби точного заходу на посадку за І категорією.

У свою чергу, це означає,що на цих аеродромах інструментально визначається і декларується тільки значення метеорологічної оптичної дальності видимості – MOR, тобто пілот ПС, що заходить на посадку отримає тільки значення видимості – MOR.

Термін MOR означає довжину шляху світового потоку в атмосфері, необхідну для зменшення цього потоку в паралельному пучку променів від лампи розжарювання з колірною температурою 2700К до 0,05 його початкового значення відповідно до документу [3].

Зрозуміло, що пілоту, при заході на посадку, необхідно знати максимальну відстань на якій він потенційно встановить необхідний візуальний контакт з вогнями світлосигнальної системи аеродрому (ССА), тобто дальність видимості на ЗПС – RVR, у той час йому замість RVR повідомляють про MOR.

Вихід з цієї ситуації у пілота тільки один – скористатися перевідною (конвертованою) метеорологічною видимістю CMV, щоб оцінити відстань до візуальних наземних засобів при переході к етапу візуального пілотування.

Термін MOR означає довжину шляху світового потоку в атмосфері, необхідну для зменшення цього потоку в паралельному пучку променів від лампи розжарювання з колірною температурою 2700К до 0,05 його початкового значення

Зрозуміло, що пілоту, при заході на посадку, необхідно знати максимальну відстань на якій він потенційно встановить необхідний візуальний контакт з вогнями світлосигнальної системи аеродрому (ССА), тобто дальність видимості на ЗПС – RVR, у той час йому замість RVR повідомляють про MOR.

Вихід з цієї ситуації у пілота тільки один – скористатися перевідною (конвертованою) метеорологічною видимістю CMV, щоб оцінити відстань до візуальних наземних засобів при переході к етапу візуального пілотування.

2.2 Визначення параметрів метеорологічної оптичної дальності видимості з урахуванням сили світла вогнів світлосигнальної системи аеродрому

Проведемо відповідні розрахунки для визначення умов та обмежень використання перевідною метеорологічною видимістю CMV для ССА типу BMI, що експлуатуються на аеродромах України.

Алгоритм визначення CMV за даними таблиці 2.2 відповідно до документу [3], має ряд наступних недоліків:

1. Не враховує реальне значення сили світла вогнів ССА типу BMI, що за визначенням можуть мати середнє значення сили світла основному промені від 50,0 кд до 10,0 ккд.

2. Не беруться до уваги інтервали між вогнями наближення центрального ряду допустимі значення яких знаходяться в діапазоні від 30,0 до 100,0 м.

3. Визначення CMV проводиться тільки для двох значень яскравості фону – вдень і вночі. Ігнорується яскравість фону для досвітніх сутінок і сутінок після заходу сонця.

Порівняльний аналіз результатів визначення RVR доцільно провести двома методами – класичним із застосуванням закону Алларда та врахуванням реального значення сили світла вогнів типу BMI та із застосуванням розглянутої таблиці 2.2, де по значенню MOR визначається значення CMV і фактично приймається за RVR.

Дальність видимості на ЗПС (RVR), визначається з урахуванням яскравості фону за відомою формулою Алларда [1].

$$E = IT^V / V^2$$

де, E – візуальний поріг освітленості на сітчатці ока, лк;

I –сила світла бічних вогнів ЗПС, кд.

T – питома прозорість атмосфери;

V – відстань, на якій спостерігається світлосигнальний вогонь із силою світла I.

Тобто, точкові джерела, з певною силою світла сприймаються спостерігачем у виді світлового сигналу тоді, коли в певних умовах (прозорість атмосфери) створюють на сітківці ока освітленість, що перевищує граничне значення.

На аеродромі інструментально визначається метеорологічна оптична дальність видимості (MOR), параметр, який характеризує прозорість атмосфери і визначається, як довжина шляху світлового потоку в атмосфері, на якому він слабшає до 0,05 свого початкового значення.

Визначення RVR і CMV в залежності від MOR проведені для різних значень яскравості фону і середнього значення сили світла бічних вогнів ЗПС, що найчастіше використовуються в ССА типу ВМІ на аеродромах України, таблиці 2.2 і 2.3

Таблиця 2.2 Значення RVR і CMV в залежності від MOR. Ніч, $E_{пор} = 10^{-6,1}$ лк, яскравість фону менше 10 кд/м^2

№ п/п	MOR,м	**I = 1200 кд**		**I = 300 кд**	
		RVR, м	CMV, м (середнє)	RVR, м	CMV, м (середнє)
1	309 - 357	**800**	495	700	495
2	358 - 408	900	570	750	570
3	409-461	100	640	**800**	640
4	462 – 516	1100	735	900	735
5	517 – 572	1200	825	1000	825
6	573 – 630	1300	900	1100	900
7	631 – 689	1400	975	1200	975
8	690 – 750	1500	1050	1300	1050
9	751 - 813	1600	1170	1400	1170

Таблиця 2.3 Значення RVR і CMV в залежності від MOR. Сутінки, $E_{пор} = 10^{-4,3}$, яскравість фону від 158 до 969 кд/м^2

№ п/п	MOR,м	**I = 1200 кд**			**I = 300 кд**		
		RVR, м	CMV, м (середнє)	**Різниця, м**	RVR, м	CMV, м (середнє)	**Різниця, м**
1	538 – 597	800	825	**25**	550	825	**275**
2	598 – 659	750	945	**195**	600	945	**345**
3	660 – 794	800	1065	**265**	750	1065	**315**
4	795 – 941	900	1305	**405**	900	1305	**405**
5	942 - 1099	1000	1575	**575**	1000	1575	**575**

2.3 Аналіз результатів RVR та CMV в залежності від MOR

Порівняльний аналіз таблиць наочно демонструє, що застосування алгоритму конвертації MOR в RVR через CMV для яскравості фону вночі призводить до заниження значень RVR, що ніяким чином не впливає на безпеку польотів але впливає на регулярність польотів і тим самим на економічні показники авіакомпанії та аеродрому.

Таблиця 2.4 Значення та різниця MOR, при використанні вогнів типу ВВІ та вогнів типу ВМІ

Умови заходу на посадку	Значення/різниця значень MOR, м					
	MDA/H = 270,0 м (155,0 м)			**MDA/H = 320,0 м (205,0 м)**		
	Значення MOR для ВВІ	Значення MOR для ВМІ	Різниця значень MOR	Значення MOR для ВВІ	Значення MOR для ВМІ	Різниця значень MOR
Ніч	1450	1850	**400**	2150	2700	**550**
Сутінки	2500	3700	**1200**	4000	6200	**2200**

Різниця значень MOR, що виділена жирним шрифтом, характеризує перевагу щодо прозорості атмосфери, яку надає використання вогнів типу ВВІ. Тобто, якщо будуть встановлені вогні високої інтенсивності можливий буде захід на посадку вночі при значенні MOR на 400 м/550 м менше, ніж при використанні вогнів типу ВМІ.

В сутінках перевага вогнів високої інтенсивності ще більша – захід на посадку може бути при MOR зниженій на 1200/2200 м, порівняно зі значеннями, з урахуванням вогнів малої інтенсивності.

Наприклад в діапазоні значень 309 м ≤ MOR ≤ 516 м реальне значення RVR буде перевищувати 800 м, а переведене значення CMV буде менше 800 м, тобто в таких умовах пілот не буде виконувати політ до даного аеродрому.

Інакше виглядає картина в умовах сутінок, де яскравість фону вища ніж вночі. Тут застосування алгоритму конвертації MOR в RVR через CMV призводить до завищення значень RVR від 25 до 575 м в залежності від значення MOR, що вже є явним небезпечним фактором, який реально несе загрозу безпеці польотів.

Тобто реальне значення RVR буде менше, ніж теоретичне, яке буде сповіщено пілоту і яким він буде керуватися, при прийнятті рішення про здійснення заходу на посадку.

В цьому випадку пілот об’єктивно не зможе встановити візуальний контакт з тієї відстані, з якої очікує, а це може спонукати його знижуватися нижче висоти прийняття рішення (мінімальної висоти зниження) з метою «ось-ось побачити вогні і встановити візуальний контакт» (прикладів таких ситуацій, які закінчились авіаційними подіями, категорії CFIT, на жаль, не мало).

В рамках проактивного підходу до керування безпекою польотів такій ситуації необхідно обов’язково запобігти шляхом коректного визначення RVR на аеродромах, які обладнані вогнями малої інтенсивності.

Висновки

1. Незалежно від типу заходу на посадку (А чи Б) на ЗПС, що обладнана вогнями малої інтенсивності необхідно обов’язково за даними інструментально визначеного значення метеорологічної оптичної дальності видимості MOR визначати та повідомляти на борт ПС значення дальності видимості на ЗПС – RVR з урахуванням конкретної сили світла бічних вогнів ЗПС и яскравості фону.

2. Визначення дальності видимості на ЗПС, що обладнана візуальними аеронавігаційними засобами типу вогні малої інтенсивності можливо, є доцільним і потребує створення відповідної методики.

РОЗДІЛ 3

ПАРАМЕТРИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО МІНІМУМУ АЕРОДРОМУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СВІТЛОСИГНАЛЬНИХ СИСТЕМ РІЗНИХ ТИПІВ

3.1 Визначення дальності видимості на злітно-посадковій смузі та видимості при використанні вогні малої та високої інтенсивності

Для розрахунку значення RVR, тобто відстані, на якій пілот, перебуваючи на продовженні вісі ЗПС гарантовано побачить ділянку земної поверхні з наземними орієнтирами (вогнями ССА) з довжиною, достатньою для встановлення візуального контакту використовуються наступні вихідні дані:

- Тип схеми заходу на посадку по приладах – 2D захід на посадку по приладах типу А;
- Мінімальні висоти зниження MDA (MDH), для яких розраховується значення RVR становлять: 270,0 м (155,0 м) та 320,0 м (205,0 м) м.
- Категорії ПС, для яких виконується розрахунок – A, B, C, D;
- Відстань від порога ЗПС до оптимальної точки приземлення – 300 м;
- Довжина ділянки земної поверхні з вогнями ССА, необхідна и достатня для встановлення та підтримання візуального контакту – 300 м;
- Кут нахилу траєкторії зниження при 2D заході на посадку – 3°;
- Тип світлосигнальної системи аеродрому – BMI;
- Клас підсистеми вогнів наближення – повний, проміжний, базовий, нульовий.

Результати розрахунку за формулою (1.4) для різних класів підсистеми вогнів наближення та різних значень MDA/H зведемо до таблиць 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 Значення дальності видимості на ЗПС в залежності від класу підсистеми вогнів наближення типу BMI для **MDA/H = 270,0 м (155,0 м)**

Значення дальності видимості на ЗПС (RVR)	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
Значення RVR, м	**2210 – 2390**	**2391 - 2690**	**2691 - 2900**	**2901 - 3110**

Таблиця 3.2 Значення дальності видимості на ЗПС в залежності від класу підсистеми вогнів наближення типу BMI для **MDA/H = 320,0 (205,0 м)**

Значення дальності видимості на ЗПС (RVR)	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
Значення RVR, м	**3164 – 3344**	**3345 - 3644**	**3645 - 3854**	**3855 - 4064**

Далі за законом Аларда (1.6) визначаємо значення MOR, що відповідає значенням RVR, зведеним до таблиць 3.1 і 3.2. Вихідні дані для розрахунку:

- Середнє значення сили світла бічних вогнів ЗПС для BMI – I = 1200 кд;
- Значення граничної освітленості на сітківці ока – $E_р = 10^{-6,1}$ (ніч) та $E_р = 10^{-5}$ (сутінки);

Результати розрахунку MOR для відповідних вихідних даних та значень мінімальних висот зниження зведено до таблиць 3.3 – 3.6.

Таблиця 3.3. Значення дальності видимості на ЗПС для **MDA/H = 270,0 м (155,0 м)** та відповідне йому значення MOR у наступних умовах: **ніч**, $E_p = 10^{-6,1}$, **I = 1200 кд**.

Значення RVR та відповідного йому значення MOR	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
RVR, м	2210 – 2390	2391 - 2690	2691 - 2900	2901 - 3110
MOR, м	**1150 – 1300**	**1301 - 1500**	**1501 - 1700**	**1701 - 1850**

Таблиця 3.4 Значення дальності видимості на ЗПС для **MDA/H = 270,0 м (155,0 м)** та відповідне йому значення MOR у наступних умовах: **сутінки**, $E_p = 10^{-5}$, **I = 1200 кд**

Значення RVR та відповідного йому значення MOR	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
RVR, м	2210 – 2390	2391 - 2690	2691 - 2900	2901 - 3110
MOR, м	**2050 – 2350**	**2351 - 2900**	**2901 - 3300**	**3301 - 3700**

Таблиця 3.5. Значення дальності видимості на ЗПС для **MDA/H = 320,0 м (205,0 м)** та відповідне йому значення MOR у наступних умовах: **ніч**, $E_p = 10^{-6,1}$, **I = 1200 кд**.

Значення RVR та відповідного йому значення MOR	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
RVR, м	3164 – 3344	3345 - 3644	3645 - 3854	3855 - 4064
MOR, м	**1900 – 2050**	**2051- 2310**	**2311 – 2500**	**2501 – 2700**

Таблиця 3.6. Значення дальності видимості на ЗПС для **MDA/H = 320,0 м (205,0) м** та відповідне йому значення MOR у наступних умовах: **сутінки**, $E_p = 10^{-5}$, **I = 1200 кд**

Значення RVR та відповідного йому значення MOR	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
RVR, м	3164 – 3344	3345 - 3644	3645 - 3854	3855 - 4064
MOR, м	**3800 – 4200**	**4201 - 4900**	**4901 - 5500**	**5501 - 6200**

У таблицях 3.4 та 3.6 в більшості випадках значення MOR перевищує значення RVR. Це означає, що при певних умовах, здебільшого в сутінках та завжди вдень, коли яскравість фону більша, ніж вночі, аеродромні вогні спостерігаються гірше ніж неосвітлені протяжні об’єкти (наземні орієнтири, сама ЗПС та її маркування).

При таких умовах виміряне значення MOR використовують та сповіщають без перерахувань, як видимість – VIS і вона за фізичним змістом дорівнює RVR, тобто тій відстані, на якій пілот побачить наземні візуальні

орієнтири і зможе встановити необхідний візуальний контакт для завершення заходу на посадку і посадки з прийнятним рівнем ризику щодо безпеки польотів.

Тепер визначимо дальність видимості на злітно-посадковій смузі та відповідного йому значення метеорологічної оптичної дальності видимості при використанні вогнів високої інтенсивності.

Для розрахунку значення RVR, тобто відстані, на якій пілот, перебуваючи на продовженні вісі ЗПС гарантовано побачить ділянку земної поверхні з наземними орієнтирами (вогнями ССА) з довжиною, достатньою для встановлення візуального контакту використовуються наступні вихідні дані:

- Тип схеми заходу на посадку по приладах – 2D захід на посадку по приладах типу А;
- Мінімальні висоти зниження MDA (MDH), для яких розраховується RVR – 270,0 м (155,0 м) та 320,0 м (205,0 м) м.
- Категорії ПС, для яких виконується розрахунок – A, B, C, D;
- Відстань від порога ЗПС до оптимальної точки приземлення – 300 м;
- Довжина ділянки земної поверхні з вогнями ССА, необхідна и достатня для встановлення візуального контакту – 150 м;
- Кут нахилу траєкторії зниження при 2D заході на посадку – 3°;
- Тип світлосигнальної системи аеродрому – ВВІ;
- Клас підсистеми вогнів наближення – повний, проміжний, базовий, нульовий.

Результати розрахунку за формулою (1.5) для різних класів підсистеми вогнів наближення та різних значень MDH зведемо до таблиць 3.7 і 3.8.

Таблиця 3.7 Значення дальності видимості на ЗПС в залежності від класу підсистеми вогнів наближення типу ВВІ для **MDA/H = 270,0 м (155,0 м)**

Значення дальності видимості на ЗПС (RVR)	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
Значення RVR, м	**2060 - 2240**	**2241 – 2540**	**2541 - 2750**	**2751 - 2960**

Таблиця 3.8 Значення дальності видимості на ЗПС в залежності від класу підсистеми вогнів наближення типу ВВІ для **MDA/H = 320,0 м (205,0 м)**

Значення дальності видимості на ЗПС (RVR)	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
Значення RVR, м	**3010 - 3200**	**3201 – 3500**	**3501 - 3700**	**3701 - 3920**

Далі за законом Аларда (1.6) визначаємо значення MOR, що відповідає значенням RVR, зведеним до таблиць 3.7 і 3.8. Вихідні дані для розрахунку:

- Середнє значення сили світла бічних вогнів ЗПС типу ВВІ – I = 3000 кд для ВВІ обрано значення сили світла 30% від номінального значення – 10000 кд;
- Значення граничної освітленості на сітківці ока – $E_{\text{р}} = 10^{-6,1}$ (ніч) та $E_{\text{р}} = 10^{-5}$ (сутінки);

Результати розрахунку MOR для відповідних вихідних даних та значень мінімальних висот зниження зведено до таблиць 3.9 – 3.12.

Таблиця 3.9. Значення дальності видимості на ЗПС для **MDA/H = 270,0 м (155,0 м)** та відповідне йому значення MOR у наступних умовах:

ніч, $E_р = 10^{-6,1}$, **I = 3000 кд**.

Значення RVR та відповідного йому значення MOR	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
RVR, м	2060 - 2240	2241 - 2540	2541 - 2750	2751 - 2960
MOR, м	**900 - 1000**	**1001 - 1200**	**1201 - 1350**	**1351 - 1450**

Таблиця 3.10. Значення дальності видимості на ЗПС для **MDA/H = 270,0 м (155,0 м)** та відповідне йому значення MOR у наступних умовах: **сутінки**, $E_р = 10^{-5}$, **I = 3000 кд**

Значення RVR та відповідного йому значення MOR	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
RVR, м	2060 - 2240	2241 - 2540	2541 - 2750	2751 - 2960
MOR, м	**1400 - 1650**	**1651 - 2000**	**2001 - 2250**	**2251 - 2500**

Таблиця 3.11. Значення дальності видимості на ЗПС для **MDA/H = 320,0 м (205,0 м)** та відповідне йому значення MOR у наступних умовах: **ніч**, $E_p = 10^{-6,1}$, **I = 3000 кд**

Значення RVR та відповідного йому значення MOR	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
RVR, м	3010 - 3200	3201 - 3500	3501 - 3700	3701 - 3920
MOR, м	**1500 - 1620**	**1621- 1850**	**1851 – 2000**	**2001 – 2150**

Таблиця 3.12. Значення дальності видимості на ЗПС для **MDH = 320,0 м (205,0 м)** та відповідне йому значення MOR у наступних умовах:
сутінки, $E_p = 10^{-5}$, **I = 3000 кд**

Значення RVR та відповідного йому значення MOR	Клас підсистеми вогнів наближення			
	Повний 900 м – 720 м	Проміжний 719 м – 420 м	Базовий 419 м- 210 м	Нульовий 209 м - 0 м
RVR, м	3010 - 3200	3201 - 3500	3501 - 3700	3701 - 3920
MOR, м	**2600 - 2850**	**2851- 3300**	**3301 – 3600**	**3601 – 4000**

Для вогнів типу ВВІ тільки для нульового класу підсистеми вогнів наближення та MDH = 205,0 м в одному випадку в сутінках MOR майже дорівнює RVR і сповіщається замість неї. В усіх інших випадках виміряне MOR перераховується у RVR.

3.2 Порівняльний аналіз значень дальності видимості на злітно-посадковій смузі та метеорологічної оптичної дальності видимості при використанні аеродромних вогнів високої та малої інтенсивності

Результати розрахунків значень RVR та відповідних їм MOR в умовах дня та сутінок для різних класів підсистеми вогнів наближення, для різних значень MDH та різних типів аеродромних світлосигнальних вогнів зведено до таблиць 3.3 – 3.6 (вогні типу BMI) та 3.9 – 3.12 (вогні типу BBI).

Очевидно, що використання вогнів типу BBI дає можливість здійснювати захід на посадку при менших значеннях RVR /MOR, що, безумовно, надає переваги у випадку середньої та високої щільності повітряного руху на аеродромі.

Зрозуміло також, що більша довжина підсистеми вогнів наближення дозволяє здійснювати захід на посадку при менших значеннях RVR/MOR. Мінімальні значення будуть при повному класі підсистеми вогнів наближення, а максимальні – при нульовому.

Розраховані значення метеорологічної оптичної дальності видимості, що відповідають значенням RVR для вогнів світлосигнальної системи аеродрому типу BMI та BBI та різних класів підсистеми вогнів наближення

Знайшовши різницю між відповідними значеннями RVR/MOR у певних умовах (ніч або сутінки), для певних висот MDA/H, для певного класу підсистеми вогнів наближення можна визначити перевагу, яку надає використання вогнів з більшою силою світла.

Знайдемо та зведемо різницю між RVR/MOR для нульового класу підсистеми вогнів наближення для вогнів типу BBI та BMI до таблиці 3.13.

Таблиця 3.13. Значення та різниця MOR, при використанні вогнів типу BBI та вогнів типу BMI

Умови заходу на посадку	Значення/різниця значень MOR, м					
	MDA/H = 270,0 м (155,0 м)			**MDA/H = 320,0 м (205,0 м)**		
	Значення MOR для BBI	Значення MOR для BMI	Різниця значень MOR	Значення MOR для BBI	Значення MOR для BMI	Різниця значень MOR
Ніч	1450	1850	**400**	2150	2700	**550**
Сутінки	2500	3700	**1200**	4000	6200	**2200**

Різниця значень MOR, характеризує перевагу щодо прозорості атмосфери, яку надає використання вогнів типу BBI.

Тобто, якщо будуть встановлені вогні високої інтенсивності можливий буде захід на посадку вночі при значенні MOR на 400 м/550 м менше, ніж при використанні вогнів типу BMI. В сутінках перевага вогнів високої інтенсивності ще більша – захід на посадку може бути при MOR зниженій на 1200/2200 м, порівняно зі значеннями, з урахуванням вогнів малої інтенсивності.

Висновки

1. Розраховані значення дальності видимості на злітно-посадковій смузі та відповідного йому значення MOR видимості при використанні вогні малої та високої інтенсивності при яких забезпечується встановлення необхідного візуального контакту для безпечного завершення посадки після заходу на посадку по приладах типу А.

2. Розраховані значення метеорологічної оптичної дальності видимості, що відповідають значенням RVR для вогнів світлосигнальної системи аеродрому типу BMI та BBI та різних класів підсистеми вогнів наближення.

3. Результати порівняльного аналізу для нульового класу підсистеми вогнів наближення свідчать про те, що застосування вогнів типу BBI надає переваги у вигляді здійснення операцій при менших значеннях MOR

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПІДСИСТЕМИ ВОГНІВ НАБЛИЖЕННЯ ТА ОЦІНИТИ ЇХ ВПЛИВ НА РІВЕНЬ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

4.1 Визначення показників надійності підсистем вогнів наближення I, II категорій

AVOL – це характеристика , яка залежить від функцій зльоту та руління на аеродромі, але ж так само до параметру AVOL входить значення дальності видимості на ЗПС і це значення враховується у значеннях експлуатаційного мінімуму аеродрому. AVOL пов`язаний з обладнанням яке встановлено на злітно-посадковій смузі, які пов`язані зі значеннями RVR, а вони в свою чергу визначають параметри експлуатаційного мінімуму і параметри при яких здійснюється посадка.

З огляду на це, визначимо показники надійності підсистем вогнів наближення I, II категорії за схемою ALPA-ATA довжиною 420 м.

Показники надійності підсистем вогнів наближення ССА I, II, категорії розраховуються з застосуванням методики визначення показників надійності ССА та її підсистем, що базується на аналітичному методі визначення надійності складних технічних систем.

Суть аналітичного методу полягає в побудові математичної моделі ССА та її підсистем і визначенні основних аналітичних залежностей між вихідними даними та показниками надійності, які необхідно визначити.

Вихідними даними про показники надійності елементів підсистеми вогнів наближення та світлових горизонтів за схемою ALPA-ATA та бічних вогнів наближення є:

- кількість одиночних вогнів у складі одного лінійного вогню – $N_{\text{АВ}}$;
- кількість «лінійних вогнів» у підсистемі аеродромних вогнів (ПАВ) – $N_{\text{ЛАВ}}$;
- кількість аеродромних вогнів у підсистемі – $N_{\text{АВ}}$;

- середній час напрацювання до відмови одиночного АВ – $T_{0АВ}$;
- середній час напрацювання до відмови «лінійного» АВ – $T_{0\ ЛАВ}$;
- кількість кабельних ліній (КЛ) у підсистемі електропостачання аеродромних вогнів (ПЕАВ) – $N_{КЛ}$;
- середній час напрацювання до відмови регулятора яскравості – $T_{0\ РЯ}$;
- середній час напрацювання до відмови кабелю – $T_{0\ к}$;
- середній час напрацювання на відмову ізолювальних трансформаторів – $T_{0\ ІТ}$;
- середній час відновлення працездатного стану КЛ – $T_{В\ КЛ}$;
- критерії працездатного стану підсистеми: кількісний – максимальна припустима кількість «лінійних» аеродромних вогнів у підсистемі, що відмовили – $K_{ЛАВ}$; топологічний – максимальна припустима кількість суміжних «лінійних» вогнів, що відмовили – $M_{ЛАВ}$;
- час використання підсистеми ССА – t.

В результаті розрахунку визначаються всі необхідні показники надійності підсистем вогнів наближення I, II категорій:

- імовірність безвідмовної роботи та імовірність відмови за час використання – $P(t)$ та $Q(t)$;
- нестаціонарні коефіцієнти готовності, неготовності – $K_Г(t)$, $K_{НГ}(t)$;

Вихідні дані для визначення показників надійності підсистем вогнів наближення I, II категорій за схемою ALPA-ATA зведено до таблиць 4.1, 4.2.

Таблиця 4.1. Вихідні дані для визначення показників надійності підсистем вогнів наближення II категорій за схемою ALPA-ATA.

№ п/п	Найменування вихідних даних	Значення
Підсистема вогнів наближення центрального ряду		
1	Тип аеродромних вогнів у вогнях наближення	лінійні
2	Кількість одиночних аеродромних вогнів у складі лінійного, шт	4
3	Загальна кількість одиночних аеродромних вогнів, шт.	56

4	Кількість лінійних аеродромних вогнів, шт.	14
5	Середній час напрацювання до відмови одиночного АВ, $T_{0АВ}$, год.	3000
Підсистема вогнів наближення світлових горизонтів		
6	Кількість одиночних вогнів у світлових горизонтах, шт.	14
7	Середній час напрацювання до відмови АВ, $T_{0АВ}$, год.	3000
Підсистема вогнів наближення бічного ряду (червоні)		
8	Тип аеродромних вогнів у бічних вогнях наближення	лінійні
9	Кількість одиночних аеродромних вогнів у складі лінійного, шт	3
10	Загальна кількість одиночних аеродромних вогнів, шт.	54
11	Кількість лінійних аеродромних вогнів, шт.	18
12	Середній час напрацювання до відмови одиночного АВ, $T_{0АВ}$, год.	3000
Підсистема електропостачання аеродромних вогнів		
13	Кількість кабельних ліній, шт.	2
14	Середній час напрацювання до відмови РЯ, $T_{0\,РЯ}$, год.	60000
15	Середній час напрацювання до відмови типу «обрив» кабелю, $T_{0\,к}$, год.	150000

№ п/п	Найменування вихідних даних	Значення
16	Середній час напрацювання на відмову ізолювальних трансформаторів, $T_{0\,ІТ}$, год.	100000
17	Середній час відновлення працездатного стану КЛ, $T_{В\,КЛ,}$ год.	0,5
18	Час використання підсистеми ССА. *t*, год.	12
19	Критерії відмови підсистем відповідно до вимог документа [2]:	
	Вогнів наближення центрального ряду:	≥5% - 2 шт.
	кількісний – К, %	
	топологічний – заборона відмови «пари»	
	Вогнів світлових горизонтів:	≥5% - 2 шт.
	кількісний – К, %	
	топологічний – М, % - відмова «пари» дозволяється	
	Вогнів наближення бічного ряду:	≥5% - 2 шт.

Таблиця 4.2. Вихідні дані для визначення показників надійності підсистем вогнів наближення I категорій за схемою ALPA-ATA.

№ п/п	Найменування вихідних даних	Значення
Підсистема вогнів наближення центрального ряду		
1	Тип аеродромних вогнів у вогнях наближення	лінійні
2	Кількість одиночних аеродромних вогнів у складі лінійного, шт	4
3	Загальна кількість одиночних аеродромних вогнів, шт.	56
4	Кількість лінійних аеродромних вогнів, шт.	14
5	Середній час напрацювання до відмови одиночного АВ, $T_{0АВ}$, год.	3000
Підсистема вогнів наближення світлового горизонту		
6	Кількість одиночних вогнів у світловому горизонті, шт.	10
7	Середній час напрацювання до відмови АВ, $T_{0АВ}$, год.	3000
Підсистема електропостачання аеродромних вогнів		
8	Кількість кабельних ліній, шт.	2
9	Середній час напрацювання до відмови РЯ, $T_{0\,РЯ}$, год.	60000
10	Середній час напрацювання до відмови типу «обрив» кабелю, $T_{0\,к}$, год.	150000
11	Середній час напрацювання на відмову ізолювальних трансформаторів, $T_{0\,ІТ}$, год.	100000
12	Середній час відновлення працездатного стану КЛ, $T_{В\,КЛ,}$ год.	0,5
13	Час використання підсистеми ССА. *t*, год.	12
14	Критерії відмови підсистем:	
	Вогнів наближення центрального ряду:	≥15% - 3 шт.
	кількісний – К, %	
	топологічний – М, % - заборона відмови «пари»	
	Вогнів світлових горизонтів:	≥15% - 2 шт.
	кількісний – К, %	
	топологічний – М, % - відмова «пари» дозволяється	

Результати розрахунків показників надійності підсистем вогнів наближення і світлових горизонтів за II та I категоріями зведено до табл. 4.3.

Для оцінки отриманих значень показників надійності необхідно визначити ризики, щодо безпеки польотів, які потенційно можуть виникнути при відмові підсистем вогнів наближення та світлових горизонтів при точному заході на посадку в умовах ЕМА II та I категорій.

Таблиця 4.3. Значення показників надійності підсистем вогнів наближення за II та I категоріями.

/п	Наймен ування показників надійності	Найменування підсистеми				
		II категорія			I категорія	
		Вогні наближен ня центральн ого ряду	Вогні світлови х горизонт ів	Вогні наближе ння бічного ряду	Вогні наближе ння централь ного ряду	Вогні світлового горизонту
1	Нестаціонарн ий коефіцієнт готовності ПССА – $K_{\text{Г ПССА}}(t)$	0,99964	0,999903	0,99977	0,99964	0,999923
2	Нестаціонарн ий коефіцієнт неготовності ПССА – $K_{\text{НГ ПССА}}(t)$	$3{,}58\cdot10^{-4}$	$9{,}69\cdot10^{-5}$	$2{,}25\cdot10^{-4}$	$3{,}58\cdot10^{-4}$	$7{,}67\cdot10^{-5}$
3	Імовірність безвідмовної роботи ПССА за час t - $P_{\text{ПССА}}(t)$	0,992	0,9976	0,9928	0,992	0,99816

4.2 Оцінка ризиків щодо безпеки польотів за показниками надійності підсистем вогнів наближення I, II категорій

Відповідно до Стандартів і Рекомендованої практики ІСАО в галузі керування ризиками щодо безпеки польотів на аеродромах цивільної авіації [5,6] на аеродромі має постійно проводитися моніторинг рівнів ризиків при виконанні технологічних операцій.

Особливої уваги потребує ситуація, коли обладнання аеродрому не відповідає стандартизованим вимогам; в такому випадку обов'язково мають бути визначені та оцінені ризики щодо безпеки польотів при використанні такого обладнання.

Ризики можуть бути визначені у кількісні формі або за допомогою матриці ризиків, в залежності від того, яка існує практика визначення та оцінки ризику в рамках функціонування Системи управління безпекою польотів на певному аеродромі. Приклад матриці ризиків приводиться у рисунку [4.1,4.2].

Рисунок 4.1. Оцінка ризику для безпеки польотів

Таблица 3. Пример матрицы оценки риска для безопасности полетов

Риск для безопасности полетов		*Серьезность риска*				
Вероятность		*Катастрофическая A*	*Опасная B*	*Значительная C*	*Незначительная D*	*Ничтожная E*
Часто	5	5A	5B	5C	5D	5E
Иногда	4	4A	4B	4C	4D	4E
Весьма редко	3	3A	3B	3C	3D	3E
Маловероятно	2	2A	2B	2C	2D	2E
Крайне маловероятно	1	1A	1B	1C	1D	1E

Примечание. При определении допустимости риска для безопасности полетов следует учитывать качество и надежность данных, используемых для выявления опасных факторов и расчета вероятности риска для безопасности полетов.

Рисунок 4.2. Допустимі ризики для безпеки польотів

Таблица 4. Пример допустимости рисков для безопасности полетов

Диапазон индексов риска для безопасности полетов	*Характеристика риска*	*Рекомендуемые действия*
5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	НЕДОПУСТИМЫЙ	Незамедлительно принять меры по уменьшению риска или прекратить деятельность. Выполнить первоочередные действия по уменьшению рисков для безопасности полетов, чтобы обеспечить наличие дополнительных или улучшенных механизмов профилактики в целях снижения индекса риска для безопасности полетов до допустимого уровня.
5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	ДОПУСТИМЫЙ	Может допускаться на основе мер по уменьшению риска для безопасности полетов. Принятие данного риска может потребовать управленческого решения.
3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	ПРИЕМЛЕМЫЙ	Приемлем в своей нынешней форме. Дальнейших мер по уменьшению риска для безопасности полетов не требуется.

Вважається, що будь яка невідповідність стандартизованим вимогам автоматично призводить до збільшення ризику при виконанні певних операцій, і потребує обов’язкової оцінки рівня ризику для того, аби попередити його перехід до жовтої або червоної зон. Така невідповідність є явним постійно існуючим небезпечним фактором (загрозою) від якого може бути три можливі стратегії захисту:

- припинення операцій, в яких може проявитися вказаний небезпечний фактор;
- зниження частоти вказаних операцій або розробка заходів для зниження важкості наслідків при реалізації загрози;
- розробка комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на нейтралізацію небезпечного фактору – ізолювання ризику.

Стандартами ICAO дозволяється використання підсистем вогнів наближення неповного класу (з довжиною менше ніж 900 м). Ризики при цьому не збільшуються при правильному визначенні умов використання підсистеми вогнів наближення відповідного класу, тобто дальності видимості на ЗПС (RVR) або видимості (VIS).

Розраховані нові значення RVR та/або VIS, що наведені у таблицях 3.1, 3.2, та 3.3 є мінімальними значеннями, за яких можливий захід на посадку та посадка ПС при певному значенні висоти прийняття рішення (мінімальної висоти зниження) з прийнятними рівнями ризиків.

Аналіз даних таблиць 3.1-3.3 вказує на те, що вони містять певні обмеження по RVR або VIS саме через невідповідність підсистеми вогнів наближення повному класу. Дотримання вказаних обмежень є запорукою утримання ризиків щодо безпеки польотів в межах прийнятних рівнів.

Тобто при використанні підсистеми проміжного або базового класу відповідно до обмежень, вказаних у таблицях 3.1-3.3, рівень ризику щодо безпеки польотів не збільшуватиметься і залишатиметься в зеленій зоні (відповідно до матриці ризиків).

Висновки

1. Розраховані показників надійності підсистем вогнів наближення на ЗПС I, II категорій.

2. Проаналізовано ризики щодо безпеки польотів за показниками надійності підсистем вогнів наближення I, II категорій

3. Розраховані нові значення RVR, що є мінімальними значеннями, за яких можливий захід на посадку та посадка ПС при певному значенні висоти прийняття рішення з прийнятними рівнями ризиків

ВИСНОВКИ

1) Досліджена концепція конвертованої метеорологічної видимості на аеродромах цивільної авіації, суть якої полягає у використанні функціональної залежності між метеорологічною оптичною видимістю (MOR) і дальністю видимості(RVR) на ЗПС.

2) Проналізовано вимоги Стандартів та Рекомендованої практики ICAO щодо визначення мінімального рівня видимості (AVOL) на злітно-посадковій смузі.

3) Запропонована концепція конвертованої метеорологічної видимості на злітно-посадковій смузі демонструє, що застосування алгоритму конвертації MOR в RVR через CMV для яскравості фону вночі призводить до заниження значень RVR, що ніяким чином не впливає на безпеку польотів але впливає на регулярність польотів і тим самим на економічні показники авіакомпанії та аеродрому.

4) Розраховані значення дальності видимості на злітно-посадковій смузі та відповідного йому значення MOR видимості при використанні вогні малої та високої інтенсивності при яких забезпечується встановлення необхідного візуального контакту для безпечного завершення посадки після заходу на посадку по приладах типу А.

5) Розраховані значення метеорологічної оптичної дальності видимості, що відповідають значенням RVR для вогнів світлосигнальної системи аеродрому типу BMI та BBI та різних класів підсистеми вогнів наближення.

6) Розраховані нові значення RVR, що є мінімальними значеннями, за яких можливий захід на посадку та посадка ПС при певному значенні висоти прийняття рішення з прийнятними рівнями ризиків.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Руководство по усовершенствованным системам управления наземным движением и контроля над ним (A-SMGCS). Часть 1, Експлуатационные требования., Doc 9830, AN/452. – Монреаль, 5-е изд. – 2004. (ИКАО. Международные Стандарты и Рекомендуемая практика).

2. Сертифікаційні вимоги до цивільних аеродромів України. Наказ Державіаслужби від 17.03.2006р. № 201.

3. Аэродромы. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации: в 2 т. / изд. 8-е, июль 2018. - Том 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов, Международные Стандарты и Рекомендуемая практика.

4. Руководство по проектированию аэродромов. Часть. 4. Визуальные средства., Doc 9157, AN/901. – Монреаль, 4-е изд. – 2004. (ИКАО. Международные Стандарты и Рекомендуемая практика).

5. Руководство по всепогодным полетам, Doc 9365 – Монреаль, 4-е изд. – 2017. (ИКАО. Международные Стандарты и Рекомендуемая практика).

6. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полетов. – Монреаль, изд. 2, июль 2016. – 44 с. – (ICAO. Международные Стандарты и Рекомендуемая практика).

7. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП), Doc 9859, AN/474. – Монреаль, 316 с, 4-е изд. – 2018 г. (ICAO. Международные стандарты и рекомендуемая практика).

8. АВІАЦІЙНІ ПРАВИЛА УКРАЇНИ «Метеорологічне обслуговування цивільної авіації» Наказ Державної авіаційної служби України 09.03.2017 № 166. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 05 вересня 2017 р. за № 1092/30960.

9. ДБН В. 2. 5.-28-2006. Природне і штучне освітлення. Норми проектування.

10. Протоерейский А.С. Безпека праці в авіації: Навчальний посібник. – К.: КМУГА, 2000. – 208 з.

11. Жидецький В. П., Джигирей В. С., Мельников О. В., Основи охорони праці. Підручник. – 5-те видання. Львів: Афіша, 2001

12. Охорона природи : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2013. — С. 133.

13. Екологічна безпека : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. — Херсон : ПП Вишемирський В.С., 2013. — С. 75.