

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ В.П. Квасніков
« ____ » _____ 2021 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

Тема: «Методика визначення ризиків щодо безпеки польотів на
приаеродромних територіях аеродрому»

Виконавець _____ студентка групи СТ 416 Б Косміна Дарина
Ростиславівна

(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник _____ к.т.н., доцент Борковська Любов
Олексіївна

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

_____ (підпис)

_____ М.О. Катаєва

(ПБ)

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра: комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій

Освітній ступень: «Бакалавр»

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.П.Квасніков

«_____» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проекту)

Косміної Дарини Ростиславівни

(П.І.Б. випускника)

1. Тема проекту «Методика визначення ризиків щодо безпеки польотів на приаеродромних територіях аеродрому» затверджена наказом ректора від «
«

2. Термін виконання проекту: з 10.05.2021р. по 20.06

3. Вихідні дані до проекту:

4. Зміст пояснювальної записки:

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу:

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін Виконання	Підпис керівника
1.	Вивчення інформаційних джерел		
2.	Розділ 1. Аналіз актуальності проблеми та визначення задачі дипломної роботи.		
3.	Розділ 2. Розробка алгоритму моделювання, визначення та оцінка		

	ризиків зіткнення/небезпечного зближення повітряного судна з перешкодами на приаеродромних територіях (приклад аеродром Жуляни)		
4.	Розділ 3. Розрахунок ризиків зіткнення небезпечного зближення з перешкодою на прикладі жилого комплексу за адресою Трутенка 3		

7. Дата видачі завдання: «10» травня 2021 р.

Керівник дипломної роботи (проекту)

(П.І.Б.)

_____ Борковська Л.О.
(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання

(П.І.Б.)

_____ Косміна Д.Р.
(підпис випускника)

Технічне завдання

Методика визначення ризиків щодо безпеки польотів на приаеродромних територіях аеродромів.

Мета: Розробити методику визначення ризиків повітряних суден з існуючими та можливими перешкодами на приаеродромних територіях аеродромів.

Об'єкт: Технологічні процеси кінцевого етапу заходу на посадку та зльоту повітряних суден на приаеродромних територіях аеродрому.

Предмет: Методика визначення ризиків зіткнення/небезпечного зближення повітряного судна з перешкодами в зоні при аеродромних територіях аеродромів цивільної авіації.

Основні задачі:

1. Проаналізувати актуальність проблеми та визначити задачі дипломної роботи.
2. Розробити алгоритм моделювання, визначення та оцінки ризику зіткнення/небезпечного зближення повітряного судна з перешкодами на приаеродромній території (приклад аеродром «Жуляни»).
3. Розрахувати ризики зіткнення небезпечного зближення з перешкодою за адресою Трутенка 3.

Основні технічні вимоги:

1. Описати проблеми ризиків зіткнення повітряних суден на при аеродромних територіях.(1)
2. Визначити Зони ризику на при аеродромних територіях аеродромів цивільної авіації.(1)
3. Сформулювати задачі дипломної роботи(1)
4. Проаналізувати основні технологічні процеси заходу на посадку, посадку, зльоту, перерваного зльоту, перерваної посадки на аеродромі. (задача 2)

5. Розробити моделі для визначення ризиків зіткнення повітряного судна з перешкодами на етапах заходу на посадку, зльоту, перерваного зльоту та перерваної посадки.
6. Визначити ризики зіткнення з перешкодою за адресою Трутенка 3.
7. Оцінити значення ризиків та розробити організаційно технічні заходи щодо зменшення ризику на приаеродромних територіях.

ВСТУП

На сьогоднішній день, розвиток інфраструктури міст приводить до зведення нових житлових та інших багатоповерхових будівель соціального призначення в межах приаеродромних територій аеродромів цивільної авіації.

Висока вартість сучасної житлової або комерційної площі в великих містах вимагає зведення будівельних споруд з кількістю поверхів від 20 і більше, відносна висота яких сягає більше 60 метрів. Забудова є позитивним безупинним процесом розвитку інфраструктури міста, в результаті чого створюються робочі місця, збільшується прибуток малого та середнього бізнесу, поповнюється фінансовий бюджет міста та країни в цілому.

Зведення нових висотних будівельних конструкцій на приаеродромних територіях аеродромів може створювати або збільшувати ризик зіткнення з ними з боку повітряних суден (ПС), які здійснюють операції в зоні приаеродромної території аеродрому, що знаходиться в межах міста.

Наприклад, на сьогоднішній день, план забудови міста Києва передбачає зведення близько 600 нових об'єктів, значна кількість яких, може створювати ризик зіткнення для повітряних суден, що здійснюють операції на аеродромах «Київ» (Жуляни), Київ «Антонов-1», Київ «Антонов-2», ДМА «Бориспіль».

Таким чином, виникає проблема схвалення забудови певних ділянок місцевості на приаеродромній території аеродрому, якщо висота будівельних споруд буде така, що дозволить класифікувати їх, як «висотні перешкоди», що створюють певний ризик зіткнення/небезпечного зближення з ними ПС.

Висотна будівельна конструкція класифікується, як «перешкода» для повітряного руху, у випадку, якщо вона перетинає певні поверхні

обмеження перешкод, встановлені для конкретного аеродрому з метою здійснення операцій з мінімальним рівнем ризику.

Перевищення будівельною конструкцією певної поверхні обмеження перешкод створює ризик зіткнення ПС з нею, що може реалізуватися, у найліпшому випадку, у аварію, результатом якої будуть великі матеріальні збитки, пов'язані з руйнуванням частин конструкції ПС або будівлі. У найгіршому (більш ймовірному випадку) зіткнення ПС з перешкодою призведе до катастрофи, в якій можуть постраждати люди, не тільки ті, що перебувають на борту ПС, а й ті, що знаходяться на землі в районі розташування будівлі. Необхідно визначати та оцінювати не тільки ризики щодо безпеки польотів, а й ризики третім особам, що можуть перебувати в певній зоні біля перешкоди.

З іншого боку, пряма заборона будівництва висотних конструкцій в усіх районах, що знаходяться поблизу аеродрому, призведе до необґрунтованого обмеження темпів розвитку інфраструктури міста та зниження прибутку від цього виду бізнесу, що також, є небажаним.

Відповідно до вимог Стандартів та Рекомендованої практики ІКАО, [1], пункт 4.2.20: «Не следует допускать, чтобы новые объекты или существующие объекты, увеличенные в размерах, выступали за конечную поверхность и внутреннюю горизонтальную поверхность, за исключением случаев, когда, по мнению соответствующего полномочного органа, объект будет затенен существующим неподвижным объектом или когда в результате проведения аэронавигационного исследования выясняется, что этот объект не будет отрицательно влиять на безопасность или существенно влиять на регулярность полетов самолетов».

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ ПРОБЛЕМИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАДАЧІ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1.1 ОПИС ПРОБЛЕМИ РИЗИКІВ ЗІТКНЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН НА ПРИАЕРОДРОМНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Наявність аеропорту в межах міста позитивно впливає на розвиток цього міста: авіаційний транспорт надає досить великий внесок у пасажиропотік, що сприяє розвитку транспортної інфраструктури. Однак розвиток міської інфраструктури, зокрема будівництво нових висотних споруд, може створювати низку проблем для діяльності аеродрому.

Відповідно до вимог Стандартів і Рекомендованої практики ІКАО аеродром представляє собою визначену ділянку земної або водної поверхні (включаючи будь-які будівлі, споруди та обладнання), що призначена повністю або частково для прибуття, відправлення, руху, стоянки та обслуговування повітряних суден. Аеродром має приаеродромну територію – це ділянка земної поверхні радіусом 15 км з центром у контрольній точці аеродрому (точка, що визначає географічне місце розташування аеродрому.)

Специфіка технологічних операцій, які забезпечуються аеродромом - руління, зльоти, заходи на посадку, ПС накладають певні обмеження на зони приаеродромної території. Зрозуміло, що на тих ділянках земної поверхні, над якими здійснюються операції полети ПС, а саме зниження при заході на посадку, набір висоти після зльоту, тощо, не повинно бути перешкод, які б могли їм завадити.

З цією метою вимогами вітчизняних та міжнародних нормативних документів для аеродромів встановлені певні умовні поверхні обмеження перешкод, які мають конкретні розміри та кути нахилів, документи [1, 2], рис 1.1.

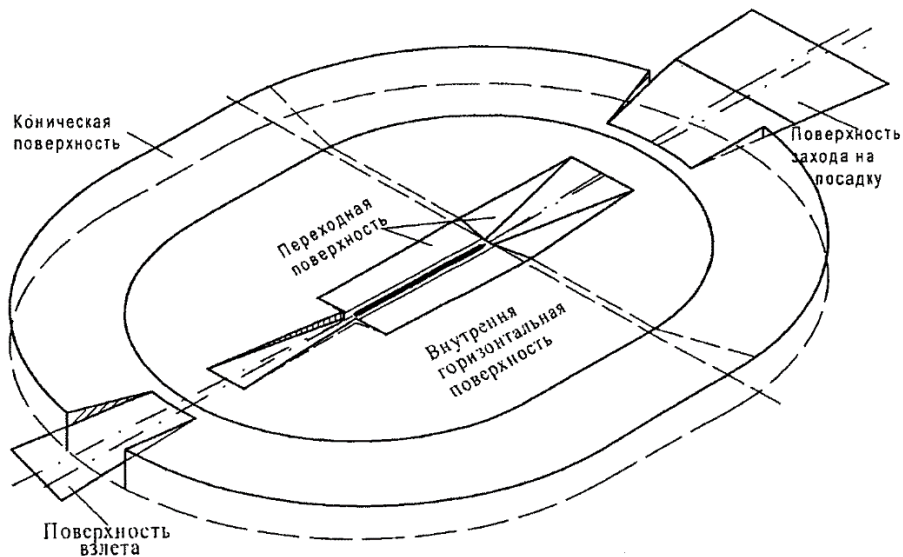


Рис. 1.1. Поверхні обмеження перешкод на аеродромах цивільної авіації

Перешкодами на приаеродромній території вважаються всі нерухомі тимчасові або постійні об'єкти та об'єкти, що рухаються, або їх частини, що розміщені в зоні, призначеній для руху ПС по робочій площі аеродрому, або які піднімаються над умовною поверхнею, призначеною для забезпечення безпеки ПС у польоті.

Всі перешкоди повинні враховуватися та контролюватися аеродромом, підлягати маркуванню та світловому огороженню, вимоги до яких, також, містяться в нормативних документах [1, 2].

В якості прикладу для ілюстрації наявності перешкод в районі аеродрому візьмемо столичний міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни) імені Ігоря Сікорського на приаеродромній території якого на сьогоднішній день нараховується більше 1000 перешкод, (рис.1.2).

аэронавигационного исследования выясняется, что этот объект не будет отрицательно влиять на безопасность или существенно влиять на регулярность полетов самолетов».

1.2. Визначення зони ризику на приаеродромних територіях аеродромів цивільної авіації

При проведенні оцінки можливості побудови перешкоди у певній зоні приаеродромної території необхідно враховувати кілька факторів «безпеки» цієї зони, а саме:

1. В межах проекції якої поверхні обмеження перешкод на приаеродромній території розташована зона.
2. Які у вказаній зоні існують обмеження для забудови щодо впливу авіаційного шуму.
3. Які у вказаній зоні існують обмеження для забудови щодо екологічної обстановки через здійснення операцій ПС.
4. Які у вказаній зоні існують обмеження для забудови щодо ризику третім особам.
5. Які у вказаній зоні існують обмеження для забудови щодо ризику зіткнення ПС з перешкодою, яка підіймається над умовною поверхнею обмеження перешкод.

Аналіз місця розташування перешкоди та приблизне визначення зони, в якій знаходиться перешкода, дозволяє зробити попередні висновки щодо якісного аналізу ризиків зіткнення ПС з перешкодою, які в подальшому дозволять провести більш глибокій та точний кількісний аналіз. Уточнення фізичних розмірів ділянок вказаних зон потребує більш детальних розрахунків ризиків.

Фізичні розміри зон, що наведені на рис. 1.3, є результатом попереднього якісного аналізу. У будь-якому випадку, для кожної

перешкоди, обов'язково має бути проведено кількісне визначення ризиків зіткнення з ПС.

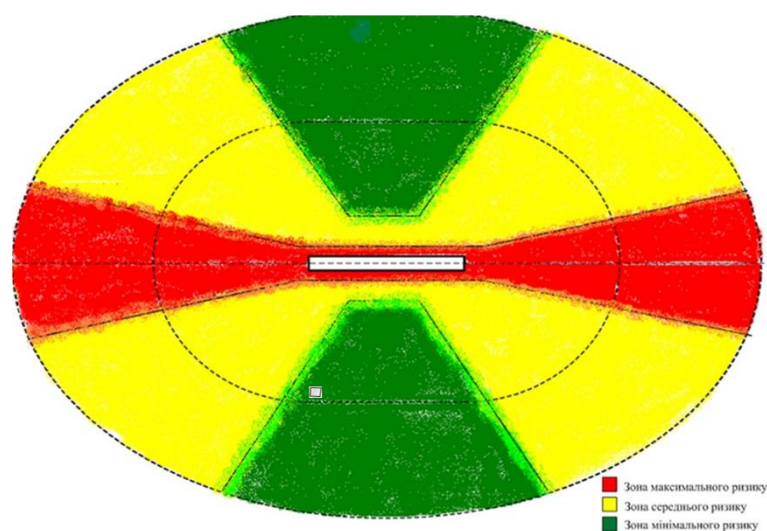


Рис. 1.3. Схема з результатами якісного аналізу ризиків зіткнення ПС з перешкодами на приаеродромній території.

Максимальний ризик зіткнення ПС з перешкодами (червона зона) існує в межах ділянок земної поверхні, що розташовані під проекціями поверхонь обмеження перешкод при зльоті та заході на посадку та у безпосередній близькості від фізичних меж злітно-посадкової смуги (ЗПС).

Існування максимального ризику на вказаних ділянках пояснюється здійсненням заходів на посадку та зльотів безпосередньо над цими ділянками та близькістю до ЗПС.

Реалізація небезпечних факторів може призвести до заходу на посадку або зльоту та знаходженню ПС на відносних висотах, що не забезпечать мінімальний запас висоти прольоту над перешкодами, що, в свою чергу, може призвести до небезпечного зближення або зіткнення з ними. Крім того, порушення точності наведення або людський фактор може призвести до посадки з недольотом або перельотом або до викочування ПС за межі ЗПС, тому ризик зіткнення на цих ділянках розглядається, як максимальний.

Попередній аналіз зони громадської безпеки, щодо умов ризику авіаційних подій (ризик третім особам) вказує на те, що будівництво нових висотних об'єктів у вказаних зонах має бути заборонено через максимальний ризик третім особам, а, також, через негативний шумовий (звуковий) та екологічний впливи від здійснення польотів ПС у зонах громадської безпеки.

Середній ризик зіткнення ПС з перешкодами (жовта зона) існує на ділянках земної поверхні в межах проєкцій внутрішньої та зовнішньої горизонтальної поверхонь обмеження перешкод, що прилягають до зон максимального ризику. В залежності від розташування перешкод, вони можуть створювати ризик зіткнення для ПС при продовженому зльоті, відході на друге коло, перерваній посадці або точному/неточному заходах на посадку з відмовами критичного двигуна, та/або систем керування траєкторними параметрами ПС. У цих випадках створюється розвертаючий момент у бік перешкоди, який екіпажу ПС неможливо швидко компенсувати.

Попередній якісний аналіз ризиків третім особам вказує на те, що будівництво нових висотних об'єктів у вказаних зонах має обов'язково супроводжуватися розрахунками ризиків третім особам, а, також, врахуванням негативного шумового (звукового) та екологічного впливів від здійснення польотів ПС. Крім того, при визначенні ризику третім особам мають бути враховані траєкторії руху ПС при відході на друге коло та розворотів ПС в зоні аеродромної території.

Якщо будівництво нової перешкоди попадає на ділянку земної поверхні, що розташована в межах проєкції будь-якої траєкторії руху ПС в зоні аеродрому, ризик третім особам буде більш високим, ніж, наприклад, для будинку, що розташований в тій самій зоні, але поза межами проєкції траєкторії руху ПС.

Мінімальний ризик зіткнення ПС з перешкодами (зелена зона) існує на ділянках земної поверхні, в межах проєкцій внутрішньої та зовнішньої

горизонтальної поверхонь обмеження перешкод, що прилягають до середини ЗПС з обох боків та розходяться у різні боки до меж зовнішньої горизонтальної поверхні. Перешкоди, розташовані у вказаній зоні, створюють мінімальний ризик, адже розташовані під великими кутами, до траєкторій руху ПС при зльоті та заході на посадку і посадці.

Ризик зіткнення існує у випадку реалізації небезпечних факторів при здійсненні операцій продовженого зльоту або перерваної посадки з відмовою критичного двигуна або системи керування траєкторними параметрами ПС, що створюють розвертаючий момент у бік перешкоди, який неможливо компенсувати. Ризик третім особам в цій зоні є, також, мінімальним.

Якісний аналіз «безпеки» зон на при аеродромній території дозволить попередньо приблизно визначити та оцінити ризики зіткнення ПС з перешкодою та ризики третім особам. Тільки за умови розташування перешкоди у «безпечній» зоні, що має бути доведено відповідними обґрунтуваннями та розрахунками значень або індексів ризиків, будівництво висотної перешкоди на при аеродромній території сучасного аеропорту можливе.

1.3 Формулювання задач дипломної роботи

Метою дипломної роботи є моделювання ризику зіткнення/небезпечного зближення з висотними перешкодами, що збудовані або плануються бути збудованими в межах приаеродромної території певного аеродрому (або кількох аеродромів), його визначення і оцінка, та розробка комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на зменшення ризику до прийняттого або мінімально можливого рівня.

Якщо в результаті авіаційного дослідження буде доведено, що ризик зіткнення/небезпечного зближення з перешкодою, що планується збудувати в межах приаеродромної території, є нижчим за встановлений державою прийнятний рівень ризику щодо безпеки польотів, навіть із певним запасом,

то такий висновок є підставою для розгляду доцільності зведення даної будівлі.

Якщо результати авіаційного дослідження доведуть наявність ризику, що наближається або є більшим за прийнятний рівень, будівництво такої будівлі в зоні аеродрому є неприпустимим.

Всі вищевказані дослідження в комплексі нададуть можливість керування ризиками, як того потребують сучасні вітчизняні нормативно-технічні документи та Стандарти і Рекомендована практика ІКАО, тобто, сприятимуть підвищенню рівня безпеки польотів на аеродромах України.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ МОДЕЛЮВАННЯ, ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ ЗІТКНЕННЯ/НЕБЕЗПЕЧНОГО ЗБЛИЖЕННЯ ПОВІТРЯНОГО СУДНА З ПЕРЕШКОДАМИ НА ПРИАЕРОДРОМНИХ ТЕРИТОРІЯХ (ПРИКЛАД АЕРОДРОМ ЖУЛЯНИ)

2.1 Аналіз основних технологічних процесів продовженого зльоту, перерваної посадки, відходу на друге коло на аеродромі

Результати аналізу процедури продовженого зльоту повітряного судна з МК 79°

Аналіз схеми продовженого зльоту свідчить про те, що в цьому випадку збільшується необхідна злітна дистанція.

Аналіз льотно-технічних характеристик сучасних ПС, що мають відповідати вимогам документів [4,5] свідчить про те, що у випадку відмови критичного двигуна та за умови правильних дій пілота, кут, на який ПС може відхилитися від лінії шляху, не повинен перевищувати 20°. В цьому випадку ризик зіткнення з перешкодою не створюється, адже кут, вимірний від точки відриву ПС при зльоті (навіть на мінімальній відстані 1000 м від порогу з магнітним курсом МК - 79°) між крайньою межею на прикладі «Житлового комплексу» за адресою Трутенка 3 та продовженням вісі ЗПС становить близько 35-39° (рис. 2.2). Враховуючи той факт, що при відмові двигуна після досягнення швидкості V_1 дистанція розбігу ПС збільшується, ймовірність відхилення ПС у бік «Житлового комплексу» буде тим менше, чим ближче до торця ЗПС МК-259° відбудеться відрив ПС від землі (рис. 2.1).

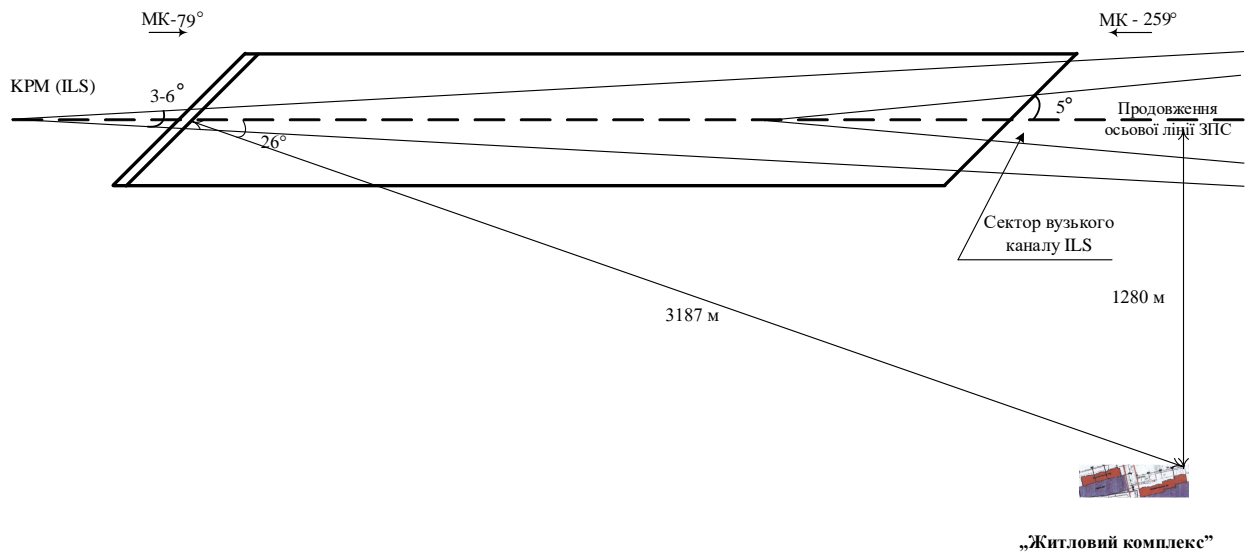


Рис. 2.1. Характеристики системи точного заходу на посадку аеродрому Київ (Жуляни) з МК 259°.

При продовженому зльоті, кут між траєкторією руху ПС та напрямком на крайню найближчу межу «Житлового комплексу» становитиме близько 68°. Для виникнення небезпечного зближення з ним або зіткнення, ПС повинно бути розвернутися на кут близько 68°- 58° від номінальної траєкторії руху.

У випадку відмови правого «критичного» двигуна або систем керування траєкторними параметрами ПС теоретично можливий розворот з мінімальним радіусом та максимальним креном (відповідно при куті крену 30°, радіус розвороту складає 637 м). У такому випадку ПС потенційно може опинитися у безпосередній близькості до «Житлового будинку». Такий випадок є малоймовірним, але його імовірність зростає при зменшенні дистанції розбігу ПС при зльоті.

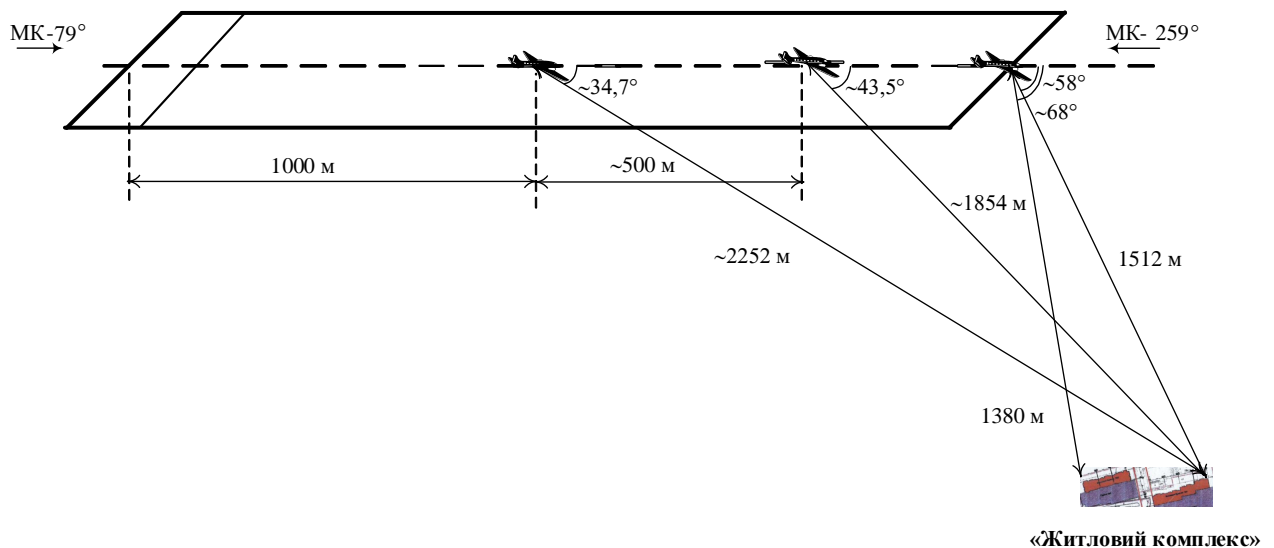


Рис. 2.2 Схема продовженого зльоту ПС з МК - 79° при відмові критичного двигуна або бортових систем керування ПС.

Наявність розвертаючого моменту, спричиненого відмовою правого двигуна або систем керування траєкторними параметрами ПС, може стати причиною відхилення ПС від номінальної траєкторії зльоту та його зближенню з «Житловим комплексом».

Розрахуємо висоти, на яких може перебувати ПС у двох крайніх випадках: коли відрив відбувся на максимальній відстані до перешкоди (в районі контрольної точки аеродрому КТА), але перешкода перебуває під мінімальним кутом (34,7°) та коли відрив ПС відбувся в кінці ЗПС – відстань до перешкоди мінімальна, а кут між віссю ЗПС та напрямком на перешкоду – максимальний (68°). Перший випадок є менше імовірним при продовженому зльоті, але відхилення на менший кут є більш імовірним. Другий випадок є більше імовірним при продовженому зльоті, але відхилення на такий великий кут є менш імовірним. Отже, розглянемо обидва випадки.

Враховуюче мінімальне нормоване значення градієнту набору висоти при зльоті з відмовою двигуна 2,4 %, у першому випадку ПС може опинитися на висоті близько 255 м (якщо розвертаючись по дузі з радіусом близько 1584 м, ПС пройде шлях близько 2150 м). У другому випадку ПС опиниться на

висоті близько 218 м (якщо розвертаючись по дузі з радіусом близько 765 м, ПС пройде шлях близько 1857 м). Таким чином, діапазон висот, в якому гіпотетично може опинитися ПС при перерваному зльоті становить від 218 до 255 м.

Так як абсолютна висота будинків становить 269,9 м, а висота крана – 286,8 м, очевидно, що запас висоти прольоту перешкод не забезпечується – ПС перебуватиме на 52-15 м нижче від верхньої точки «Житлового комплексу».

Висновок: При виконанні продовженого зльоту ПС з МК - 79° можливе створення ризику зіткнення з «Житловим комплексом».

Результати аналізу процедури перерваної посадки при точному та неточному заходах на посадку та відмові критичного двигуна з МК - 79°

Найбільша ймовірність зіткнення ПС з перешкодою при перерваній посадці виникає у випадку, коли припинення посадки починається з мінімальної висоти ПС над поверхнею ЗПС. В цьому випадку ПС практично немає запасу по висоті над поверхнею землі та перебуває в посадковій конфігурації, а мінімальна висота прольоту перешкоди не забезпечується, отже, існує ризик зіткнення ПС з перешкодою.

При перерваній посадці збільшується ймовірність відмови критичного двигуна, тому що двигуни переводяться в найбільш напружений злітний режим (TOGA). При відмові критичного двигуна під час перерваної посадки виникає розвертаючий момент, який може бути спрямований в бік перешкоди. Крім того, зменшується градієнт набору висоти, мінімальне значення якого, відповідно до [4,5] повинно бути не менше ніж 2,1% для ПС з двома двигунами та 2,7% а – для ПС з чотирма двигунами. Аналіз проводиться для самого несприятливого випадку, коли відхід на друге коло починається з мінімальної висоти над поверхнею ЗПС і відстані до перешкоди близько 2932 м, (рис. 2.3). Кут між напрямом на «Житловий комплекс» та віссю ЗПС в цьому випадку становитиме близько 26°, і хоча

сектор, в якому може перебувати ПС (відповідно до вимог [4,5]) становить 20° , вказаний сценарій все одно розглядається.

Наявність розвертаючого моменту, спричиненого відмовою двигуна, може стати причиною відхилення ПС від номінальної траєкторії зльоту (при перерваній посадці) та його зближенню з «Житловим комплексом».

Враховуюче мінімальне нормоване значення градієнту набору висоти при заході на посадку $2,1\%$, мінімальний діапазон висот, на яких може знаходитися ПС, становитиме близько 235 м (якщо розвертаючись по дузі з радіусом 3393 м , ПС пройде шлях близько 3138 м). Так як абсолютна висота будинків становить $269,9\text{ м}$, а висота крана – $286,8\text{ м}$, очевидно, що запас висоти прольоту перешкод не забезпечується.

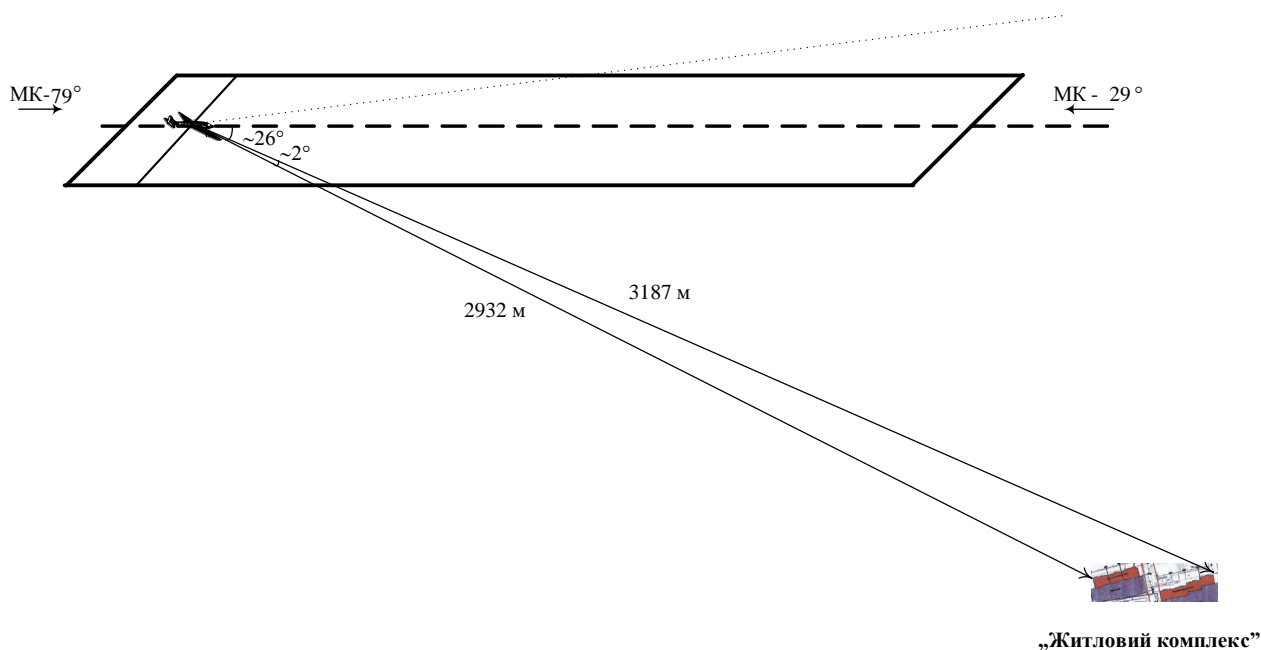


Рис. 2.3. Схема перерваної посадки ПС з МК - 79° при відмові критичного двигуна.

Результати аналізу процедури відходу на друге коло (перерваної посадки) при точному/неточному заході на посадку та відмові критичного двигуна з МК - 259°

При точному/неточному заході на посадку та відході на друге коло з висоти ОСА/Н або при перериванні посадки на висоті, що, принаймні, на 1 м менша ніж ОСА/Н, але не менше 35 м, відстань до перешкод від ПС, є в діапазоні від 1664 м до 1278 м під кутом відповідно від $\sim 50^\circ$ до 90° ліворуч.

При відмові критичного двигуна, що створює розвертаючий момент у лівий бік, теоретично можливий випадок, що ПС, розвертаючись по дузі кола буде прямувати у бік «Житлового комплексу». В цьому випадку з градієнтом набору висоти при посадці не менше 2,1%, ПС буде на висоті від близько 240 до 287 м, що означає, що нормований мінімальний запас висоти над перешкодою 10,7 м не забезпечується (рис. 2.4).

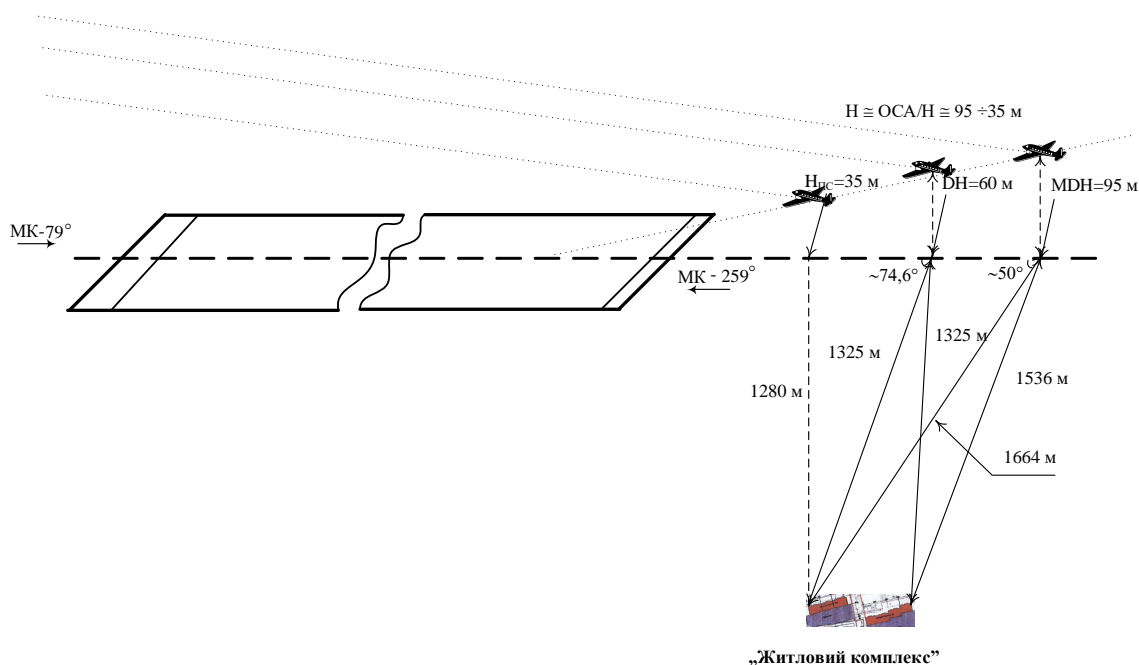


Рис. 2.4. Схема відходу на друге коло при точному/неточному заході на посадку ПС з МК - 259° при відмові критичного двигуна

Висновок: При точному/неточному заході на посадку (перерваній посадці) з МК - 259° з відмовою критичного двигуна та/або бортових систем керування траєкторними параметрами ПС і неможливості компенсувати розвертаючий момент пілотом ПС, створюється ризик зіткнення ПС з перешкодою.

Вказаний ризик існує при перериванні посадки з висоти близько 94 м до висоти 35 м над рівнем ЗПС, коли ПС знаходиться на траверзі «Житлового комплексу».

Якщо переривання посадки та подальший відхід на друге коло при точному заході на посадку з відмовою критичного двигуна та/або систем керування траєкторними параметрами ПС відбувається з висоти більше ніж 105 м, ПС встигає набрати мінімальний запас висоти прольоту перешкоди (10,7 м).

Якщо переривання посадки та подальший відхід на друге коло відбуваються з висоти, меншої ніж 35 м, ризик зіткнення не створюється, адже перешкода залишається позаду ліворуч від ПС, що здійснює набір висоти у протилежний від «Житлового комплексу» бік.

2.2 Розробка моделі для визначення ризиків зіткнення повітряного судна з перешкодами на приаеродромних територіях

Синтез моделі перешкоди для повітряного руху на аеродромі «Київ» (Жуляни)

Вище вказані алгоритми моделювання ризиків зіткнення повітряного судна з перешкодами на приаеродромній території, було розглянуто місце розташування «Житлового комплексу» та доведено, що його будинки підвищуються над внутрішньою горизонтальною поверхнею обмеження перешкод аеродрому «Київ» (Жуляни).

Визначення ризику зіткнення з перешкодами ПС визначається відповідно вимог Стандартів і Рекомендованої практики ІКАО, документ [6].

Відповідно до [6], ризик зіткнення з перешкодою визначається як ймовірність події, що ПС на певному етапі польоту може відхилитися в бік розташування перешкоди. Даний ризик розраховується відповідно до розподілів положення ПС відносно номінальної траєкторії польоту.

В залежності від своїх геометричних розмірів, модель перешкоди може бути представлена або у вигляді одної (кількох) вертикальних «спиць», або у вигляді прямокутників – «стіни», що розташовані перпендикулярно лінії ймовірного руху ПС. Місце розташування перешкоди визначається через її координати – віддалення від порогу ЗПС (координата x), бічні відстані до ЗПС (продовження осьової лінії ЗПС) (координата y) та висоту відносно перевищення порогу ЗПС (координата z).

Зіткнення відбудеться в тому випадку, якщо ПС будь-якою своєю частиною торкнеться перешкоди.

Відповідно до схеми генерального плану будівництва до «Житлового комплексу» за адресою Трутенка 3 входять два будинки, розташовані на деякій відстані один від одного. Схематичне зображення відповідно до генерального плану будівництва та приблизні габаритні розміри «Житлового комплексу» наведено на рис. 2.5.



Рис. 2.5. а, б Зображення «Житлового комплексу» та схематичне зображення з габаритними розмірами будинків.

Враховуючи невелику відстань між домами «Житлового комплексу», для створення його моделі перешкоди, доцільно використовувати спільну модель, що складається з чотирьох «стін», з геометричними розмірами $270\text{ м} \times 240\text{ м} \times 100\text{ м}$ і висотою $H = 262\text{ м}$, що розташовані під кутом до осі ЗПС (рис.2.6). На рис. 2.7 зображено геометричну модель «Житлового комплексу» у системі координат (X;Y) відносно вісі ЗПС з зазначенням всіх основних відстаней.

При моделюванні ризику, що створюється при виконанні операцій на ЗПС з певного магнітного курсу, «стіна» складається з трьох, ближчих до

вказаного магнітного курсу граней, адже одна з граней затінюється іншими. Отже, для кожного з трьох сценаріїв, що створюють ризик, модель перешкоди складається зі «стіни» з трьома гранями, найближчими до траєкторії руху ПС. Стіна побудована з урахуванням подвійного розмаху крила ПС (приймається значення 35м).

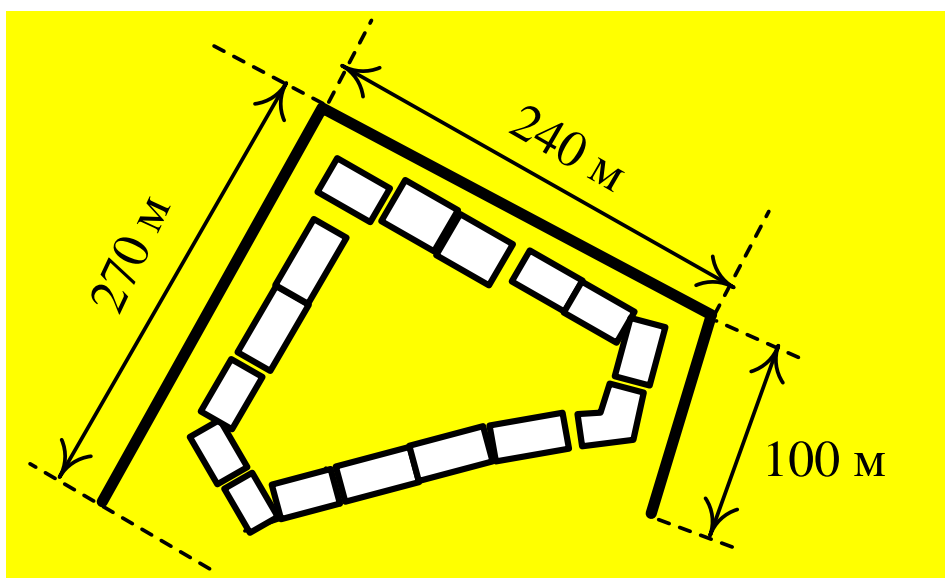


Рис. 2.6 Модель «Житлового комплексу», що створює перешкоду для польотів на аеродромі «Київ» (Жуляни).

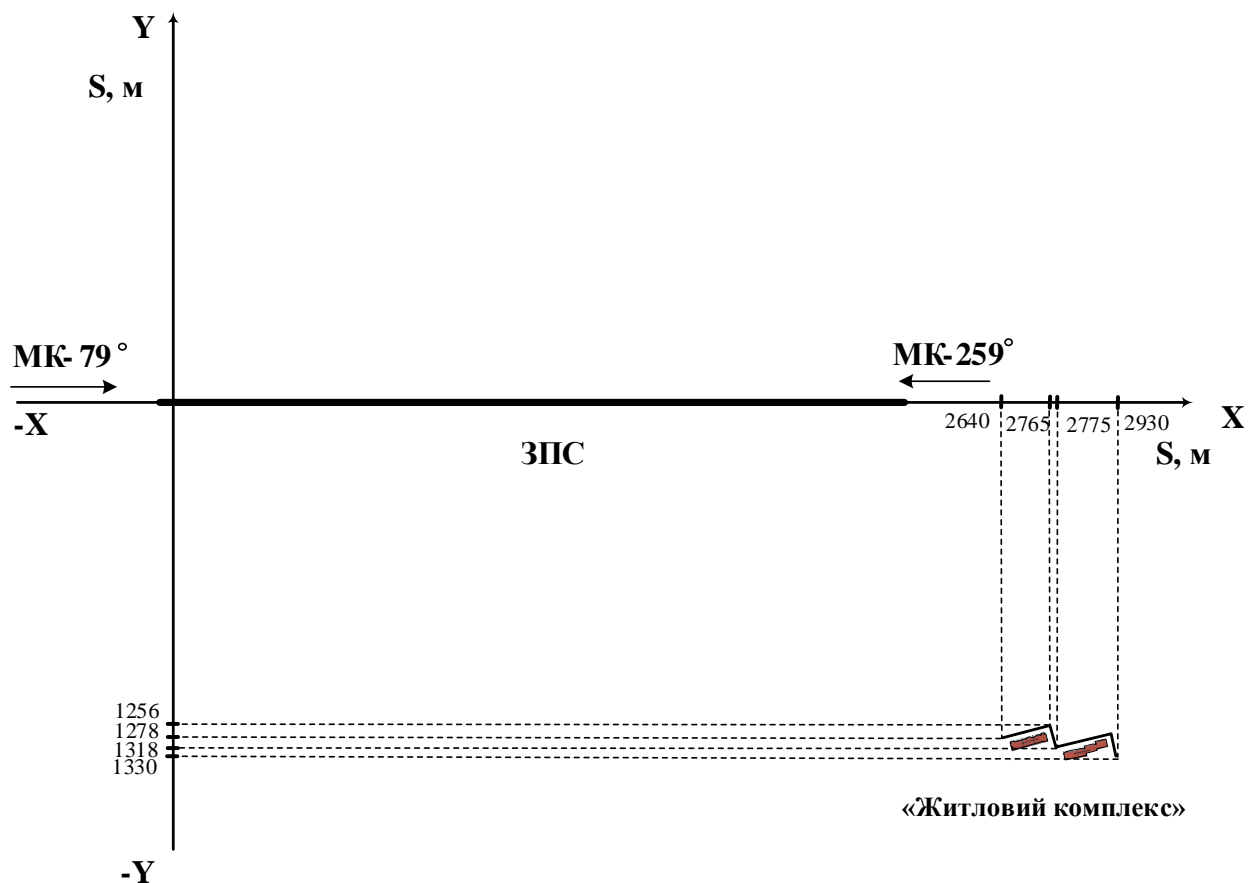


Рис. 2.7 Модель перешкоди – «Житлового комплексу» в системі координат ЗПС аеродрому «Київ» (Жуляни) з основними відстанями.

Відповідно до визначення, що наводиться у документі [6], ризик є двомірним параметром, що визначається через ймовірність реалізації негативної події та важкістю її наслідків. По важкості наслідків зіткнення ПС з «Житловим комплексом» слід відносити до авіаційної події з людськими жертвами – катастрофи, адже можуть постраждати не тільки люди, що перебувають на борту ПС, а й сторонні особи.

Ризик зіткнення ПС з перешкодою може виникнути в разі реалізації небезпечних факторів під час виконання операцій на аеродромі «Київ» (Жуляни).

Небезпечними факторами є події або явища, реалізація яких становить потенційно загрозу для успішного здійснення операції. Явними

небезпечними факторами, що сприяють виникненню ризику зіткнення з перешкодою, є наступні фактори:

- перевищення «Житловим комплексом» внутрішньої горизонтальної поверхні обмеження перешкод;
- відмова критичного двигуна ПС під час зльоту, відходу на друге коло, перерваної посадки;
- відмова бортових систем керування ПС;
- кліматичні фактори середовища (сильний бічний вітер у напрямку перешкоди, інші фактори, що можуть стати причиною перерваної посадки);
- неспроможність пілота своїми діями компенсувати негативні наслідки реалізації небезпечних факторів.

При визначенні ризиків зіткнення з перешкодою факт існування перешкоди вважається достовірним. Реалізація інших небезпечних факторів носить ймовірнісний характер.

Для розробки моделі зіткнення ПС з перешкодою використовується логіко-ймовірнісний метод моделювання ризику. Суть вказаного методу полягає у аналізі всіх можливих логічних сценаріїв технологічного процесу виконання операцій на аеродромі «Київ» (Жуляни), що можуть завершитися зіткненням з перешкодою. Вказані сценарії можуть реалізуватися у випадку одночасної реалізації двох та більше небезпечних факторів. Зв'язок між вказаними небезпечними факторами описується за допомогою аналізу технологічного процесу та методів алгебри логіки, а кількісні значення ризиків визначаються на підставі статистичних даних щодо ймовірностей реалізацій небезпечних факторів.

Отримане за допомогою логіко-ймовірнісної моделі значення ризику зіткнення з перешкодою може бути, за необхідності, трансформовано відповідно до матриці ризику і представлене, як індекс ризику у літеро-цифровому вигляді, відповідно до документу [7].

Порівняння отриманого значення ризику зіткнення з перешкодою з прийнятним рівнем ризику дозволить провести його оцінку та зробити висновок щодо прийнятності.

Відповідно до вимог «Галузевої програми України з безпеки польотів на 2014-2016 роки», прийнятний рівень ризику становив

$$R_{АП} \leq 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ (1/операцію)} \quad (2.1)$$

Ризик зіткнення з перешкодою вважається прийнятним, якщо його розраховане значення менше ніж значення прийнятного рівня (2.1). Вказана програма на сьогоднішній день втратила чинність, а прийнятне значення ризиків авіаційних подій на 2019 - 2021 роки ще не визначено та офіційно не опубліковано державою (авіаційною владою). Після офіційного опублікування показника прийнятного рівня безпеки польотів авторами, при необхідності, буде проведено відповідне коректування оцінки отриманих результатів.

В даному проекті використовується вимога діючого вітчизняного нормативного документа [2], яка наголошує: «При розрахунку мінімальної висоти прольоту перешкод для РМС (радіомаячна система) статистичними методами ймовірність зіткнення з перешкодами при заході на посадку повинна бути не вище 1×10^{-7} (1/операція)». Цей показник є більш жорстким ніж показник $3,2 \times 10^{-6}$ (1/операцію), тому до офіційного прийняття показника безпеки польотів може використовуватися для оцінки ризиків зіткнення.

Стандартами та Рекомендованою практикою ІСАО для оцінки індексу ризику пропонується використання матриці, приклад якої представлений у документі [7, табл. 3, 4] (далі наводиться мовою оригіналу).

Таблица 3. Пример матрицы оценки риска для безопасности полетов

Риск для безопасности полетов		Серьезность риска				
		Катастрофическая А	Опасная В	Значительная С	Незначительная D	Ничтожная Е
Вероятность						
Часто	5	5А	5В	5С	5D	5Е
Иногда	4	4А	4В	4С	4D	4Е
Весьма редко	3	3А	3В	3С	3D	3Е
Маловероятно	2	2А	2В	2С	2D	2Е
Крайне маловероятно	1	1А	1В	1С	1D	1Е

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.

Таблица 4. Пример допустимости рисков для безопасности полетов

Диапазон индексов риска для безопасности полетов	Характеристика риска	Рекомендуемые действия
5А, 5В, 5С, 4А, 4В, 3А	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, 5Е, 4С, 4D, 4Е, 3В, 3С, 3D, 2А, 2В, 2С, 1А	ДОПУСТИМЫЙ	Может допускаться на основе мер по уменьшению риска для безопасности полетов. Принятие данного риска может потребовать управленческого решения.
3Е, 2D, 2Е, 1В, 1С, 1D, 1Е	ПРИЕМЛЕМЫЙ	Приемлем в своей нынешней форме. Дальнейших мер по уменьшению риска для безопасности полетов не требуется.

Недоліком матриці є невизначеність понять «малоймовірно», «часто», «іноді» і т.п., які можуть тлумачитися неоднозначно, але в разі затвердження офіційного загальноприйнятого вигляду матриці, вона може використовуватися в якості інструменту для оцінювання ризиків, які складно (або неможливо) представити у кількісній формі.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК РИЗИКІВ ЗІТКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНОГО ЗБЛИЖЕННЯ З ПЕРЕШКОДОЮ ЗА АДРЕСОЮ ТРУТЕНКА 3

3.1 Визначення ризиків зіткнення з перешкодою на прикладі адреси Трутенка 3

Модель ризику зіткнення з перешкодою при продовженому зльоті з МК - 79° аеродрому «Київ» (Жуляни)

В даному дипломному проєкті під моделлю ризику зіткнення з перешкодою розуміється ймовірнісне відображення можливості та умов зіткнення ПС з перешкодою при виконанні польотів на аеродромі «Київ» (Жуляни).

Ймовірнісна модель ризику розроблена для визначення та кількісної оцінки ризику зіткнення ПС з перешкодою відповідно до вимог п. 7.3. документа [3].

На підставі моделі ризику зіткнення ПС з перешкодою можна зробити висновок про необхідність встановлення технічних засобів для світлоогородження перешкоди та про їх ефективність, відповідно до вимог п. 6.1.1.8 документа [1].

При несвоєчасному виявленні пілотом ПС перешкоди може скластися одна з форм особливих ситуацій в польоті, які за критерієм важкості наслідків класифікуються, як інцидент, серйозний інцидент, авіаційна подія (аварія або катастрофа), документи [7,9].

Інцидент або серйозний інцидент виникають у випадку небезпечного зближення ПС з перешкодою і правильних дій пілота, спрямованих на уникнення зіткнення, шляхом різкої зміни профілю, плану або режиму польоту. Авіаційна подія – аварія або катастрофа – може статися при безпосередньому зіткненні ПС з перешкодою.

Результати інженерного аналізу об'єкту та предмету дослідження свідчать про те, що ризик зіткнення ПС «Житловим комплексом» створюється у випадках продовженого зльоту, перерваної посадки з МК - 79° та відході на друге коло (перерваній посадки) з МК - 259° з одночасними відмовами критичного двигуна або систем керування траєкторними параметрами ПС.

До складу ймовірнісної моделі ризику зіткнення з перешкодою при продовженому зльоті ПС з відмовою критичного двигуна або систем керування ПС входять всі можливі ситуації, що можуть сприяти реалізації такого сценарію.

Небезпечне зближення з перешкодою – «Житловим комплексом» – або зіткнення ПС з ним може статися в разі реалізації основних явних небезпечних факторів:

1. Найбільш ймовірним небезпечним фактором, що може стати причиною продовженого зльоту є відмова лівого двигуна ПС після досягнення швидкості V_1 (Рубіж), яка спричиняє розвертаючий момент у бік перешкоди $Q_{кр.двиг}(t_{пз})$. В цьому випадку вектор шляхової швидкості буде спрямований у бік перешкоди, цьому, також, може сприяти наявність під час зльоту бічного вітру північно-західного напрямку – $R_{бв}$;

2. Неспроможність пілота витримувати номінальну траєкторію продовженого зльоту ПС – $Q_{піл.}(t_{пз})$, що обумовлена відмовою систем керування ПС ($Q_{ск.}(t_{пз})$), або іншими причинами (помилка пілота $Q_{пом.піл.}(t_{пз})$);

3. Рух ПС саме в напрямку перешкоди - P_{pn} .

Логіко-ймовірнісна модель для визначення ризику зображена на рис. 2.8.

В моделі на враховується збільшення ризику зіткнення з перешкодою через бічний вітер, адже аналіз кліматичної характеристики аеродрому «Київ» (Жуляни) продемонстрував відсутність бічного вітру південно-східного північного напрямку відповідної сили (більше 16 м/с).

Вказана модель зіткнення з перешкодою в загальному випадку описується наступним співвідношенням

$$R_{зпер}(t_{пз}) = (0,5 \cdot Q_{кр.двиг}(t_{пз}) \cdot [Q_{ніл.}(t_{пз}) \cdot Q_{СК}(t_{пз}) + Q_{ном.ніл.}(t_{пз})]) \cdot P_{рп} \quad (3.1),$$

де $R_{зпер}(t_{пз})$ – ризик зіткнення ПС з перешкодою за час перерваного зльоту $t_{пз}$;

Ймовірність відмови критичного двигуна за час продовженого зльоту ($t_{пз} = 1$ хв.) визначається на підставі експоненціального закону розподілу середнього часу наробітку на відмову сучасних авіаційних двигунів ($T_0 = 10000$ год, по деяких джерелах нормується на рівні 100000 год) і дорівнює

$$Q_{кр.двиг}(t_{пз}) = 1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \cong 1,66 \cdot 10^{-6}.$$

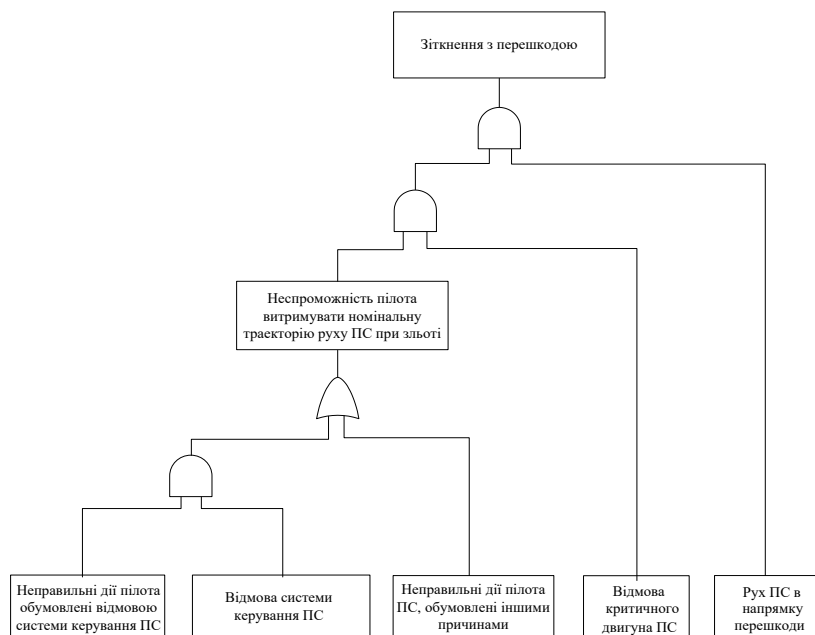


Рис. 2.8 Логіко-ймовірнісна модель зіткнення ПС з перешкодою при продовженому зльоті.

Вираз у дужках формули (3.1) описує ймовірність неспроможності пілота ПС компенсувати розвертаючий момент у напрямку перешкоди. З огляду на відсутність статистичних даних щодо врахування частот помилок

пілотів ПС, введемо обмеження в математичну модель, що зробить її більш «жорсткою» – будемо вважати вираз у дужках таким, що дорівнює одиниці. Таким чином, отримане значення ризику зіткнення з перешкодою буде свідомо меншим.

Ймовірність руху ПС у напрямку перешкоди визначається розміром сектора відносно осі ЗПС, в якому може перебувати ПС при відмові критичного двигуна ($\alpha = 90^\circ$) та максимальними кутовими розмірами перешкоди при продовженому зльоті - $\Delta\gamma_1 = 11^\circ$ (рис. 3.1).

$$P_{pn} = \Delta\gamma_1/\alpha \cong 0,122$$

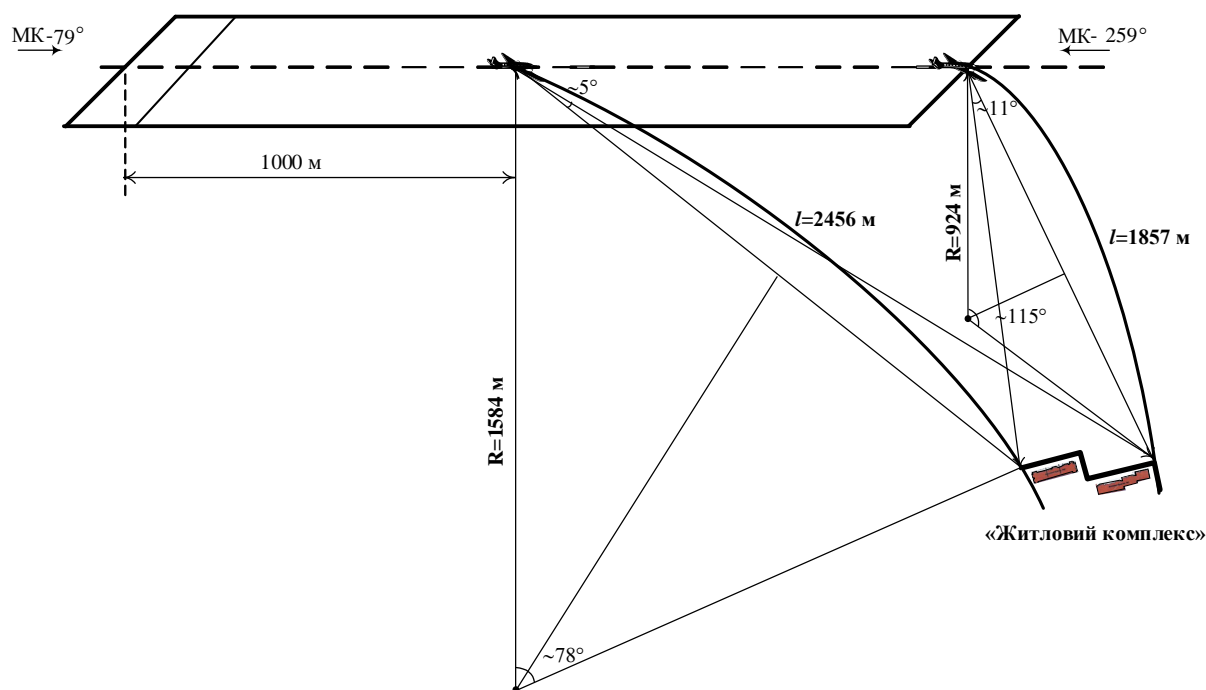


Рис. 3.1. Визначення кутових розмірів перешкоди при продовженому зльоті та перерваній посадці з МК-79°.

При підстановці даних отримаємо значення ризику зіткнення ПС з перешкодою на рівні

$$R_{зпер}(t_{пз}) \cong 1,02 \cdot 10^{-7} \text{ (1/зліт)} \quad (3.2)$$

Реальне значення ризику зіткнення ПС з «Житловим комплексом» буде набагато меншим: якщо припустити, що пілот помиляється в середньому один раз на сто випадків продовженого зльоту, то ризик зіткнення буде меншим на два порядки. Крім того, розглядався крайній випадок – найменша відстань до перешкоди та максимальні кутові розміри, при цьому кут між осью ліній ЗПС та напрямом на перешкоду є максимальним. Практично таке відхилення є вкрай мало ймовірним.

Модель ризику зіткнення з перешкодою при перерваній посадці з відмовою критичного двигуна з МК - 79° аеродрому «Київ» (Жуляни)

Схематичне зображення перерваної посадки при найбільшій відстані до перешкоди і мінімальним кутом між нею і віссю ЗПС зображено на рис.3.2.

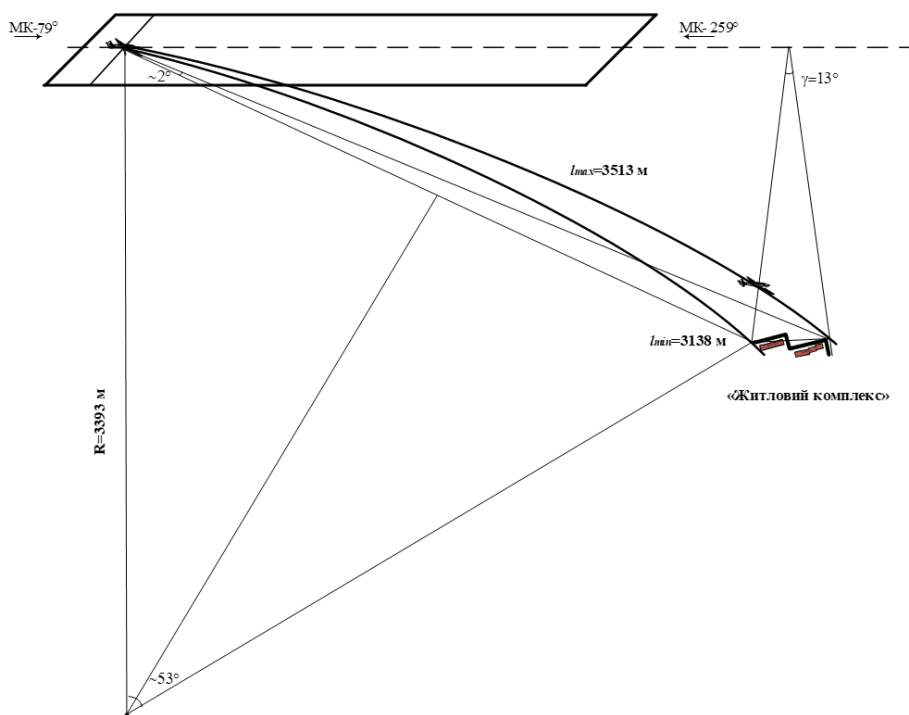


Рис. 3.2. Перервана посадка з МК-79° при відмові правого двигуна та створенні розвертаючого моменту у бік перешкоди (не в масштабі).

До складу ймовірнісної моделі ризику зіткнення з перешкодою при перерваній посадці ПС з відмовою критичного двигуна входять всі можливі ситуації, що можуть сприяти зіткненню ПС з перешкодою.

Зіткнення ПС з перешкодою – «Житловим комплексом» – може статися в наступних ситуаціях і в разі реалізації основних явних небезпечних факторів:

1. Найбільш ймовірні небезпечні фактори, що можуть стати причиною перерваної посадки – втрата пілотом необхідного візуального контакт після висоти прийняття рішення – $R_{\text{ВВК}}$ (через певні причини – фактори середовища, відмови обладнання тощо.), перебування сторонніх об'єктів на ЗПС – $R_{\text{ЗПС}}$.

2. Відмова критичного двигуна під час перерваної посадки, що спричиняє розвертаючий момент ПС в напрямку перешкоди – $Q_{\text{кр. двиг}}(t_{\text{пп}})$;

3. Неспроможність пілота витримувати номінальну траєкторію польоту ПС – $Q_{\text{піл.}}(t_{\text{пп}})$.

4. Рух ПС саме в напрямку перешкоди - P_{pn} .

Логіко-ймовірнісна модель для визначення ризику зображена на рис. 3.3.

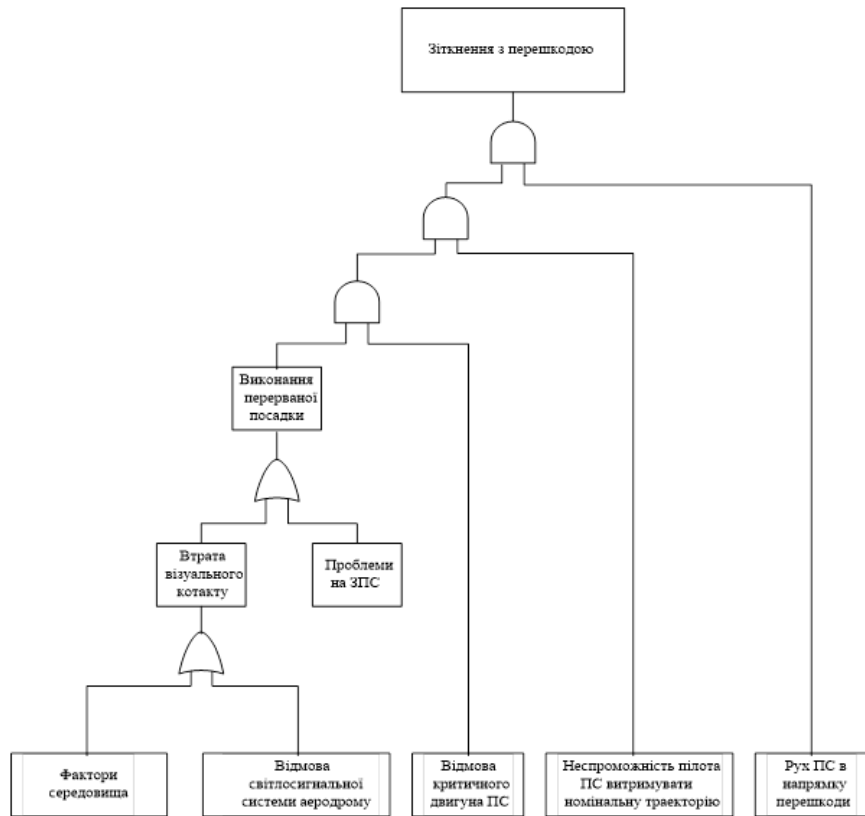


Рис. 3.3. Логіко-ймовірнісна модель зіткнення ПС з перешкодою при перерваній посадці.

Вказана модель зіткнення з перешкодою в загальному випадку описується наступним співвідношенням

$$R_{зпер}(t_{nn}) = (R_{ВВК} + R_{ЗПС} - R_{ВВК} \cdot R_{ЗПС}) \cdot 0,5 \cdot Q_{кр.двиг}(t_{nn}) \cdot Q_{ніл.}(t_{nn}) \cdot P_{pn} \text{ або}$$

$$R_{зпер}(t_{nn}) = 0,5 \cdot P_{nn \text{ МК} - 79^\circ} \cdot Q_{кр.двиг}(t_{nn}) \cdot Q_{ніл.}(t_{nn}) \cdot P_{pn} \quad (3.3),$$

де $R_{зпер}(t_{nn})$ – ризик зіткнення ПС з перешкодою під час виконання перерваної посадки t_{nn} ;

$P_{nn \text{ МК} - 79^\circ}$ – ймовірність виконання перерваної посадки з МК - 79°.

P_{pn} – ймовірність руху ПС у напрямку перешкоди.

Через відсутність достовірних вихідних даних щодо помилок людини або відмов системи керування траєкторними параметрами ПС, в моделі (3.3) ймовірність неспроможності пілота витримувати номінальну траєкторію руху ПС детермінується одиниці, що робить модель більш «жорстокою».

Відповідно до аналізу статистичних даних щодо виконання польотів на регіональних аеродромах України з максимальною інтенсивністю повітряного руху (КП Міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни), ДМА «Бориспіль», аеропорт «Харків») середнє значення частот виконання перерваної посадки може бути прийнято на рівні $P_{nn MK-79} = 2 \cdot 10^{-3}$ 1/посад.

Ймовірність відмови критичного двигуна за час перерваної посадки ($t_{nn} = 5$ хв.) визначається на підставі експоненціального закону розподілу середнього часу наробітку на відмову сучасних авіаційних двигунів ($T_0 = 10000$ год.) і дорівнює

$$Q_{кр.двиг}(t_{nn}) = 1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \cong 8,33 \cdot 10^{-6}.$$

Ймовірність руху ПС у напрямку перешкоди визначається розміром сектора відносно вісі ЗПС, в якому може перебувати ПС при відмові критичного двигуна ($\alpha = 90^\circ$) та кутовими розмірами перешкоди, яка складається з трьох «стін» ($\gamma \cong 2^\circ$), які враховують подвійний розмах крила ПС (в середньому приймається 35 м). Такий малий кутовий розмір перешкоди пояснюється тим, що вона розташована горизонтально відносно вісі ЗПС, майже паралельна їй. Таке розташування перешкоди потребує визначення ймовірності зіткнення з нею в інший спосіб, адже ПС розвертається по дузі окружності і кутовий розмір перешкоди при наближенні до неї буде значно більше 2° . Кутовий розмір перешкоди з точки, що знаходиться на продовженні вісі ЗПС під кутом 90° до неї, становить $\gamma = 13^\circ$. Візьмемо його значення для визначення ймовірності попадання ПС прямо в перешкоду, з урахуванням розмірів «стіни» (рис. 3.2).

$$P_{pn} = \gamma/\alpha \cong 0,14$$

При підстановці вихідних даних отримаємо значення ризику зіткнення ПС з перешкодою на рівні

$$R_{зпер}(t_{пп}) = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ 1/посад.} \quad (3.4)$$

Модель ризику зіткнення з перешкодою при відході на друге коло під час точного/неточного заходу на посадку (перерваної посадки) ПС з відмовою критичного двигуна з МК - 259° аеродрому «Київ» (Жуляни)

Схематичне зображення відходу ПС на друге коло (перерваної посадки з максимальної висоти) при точному/неточному заході на посадку зображено на рис.3.4.

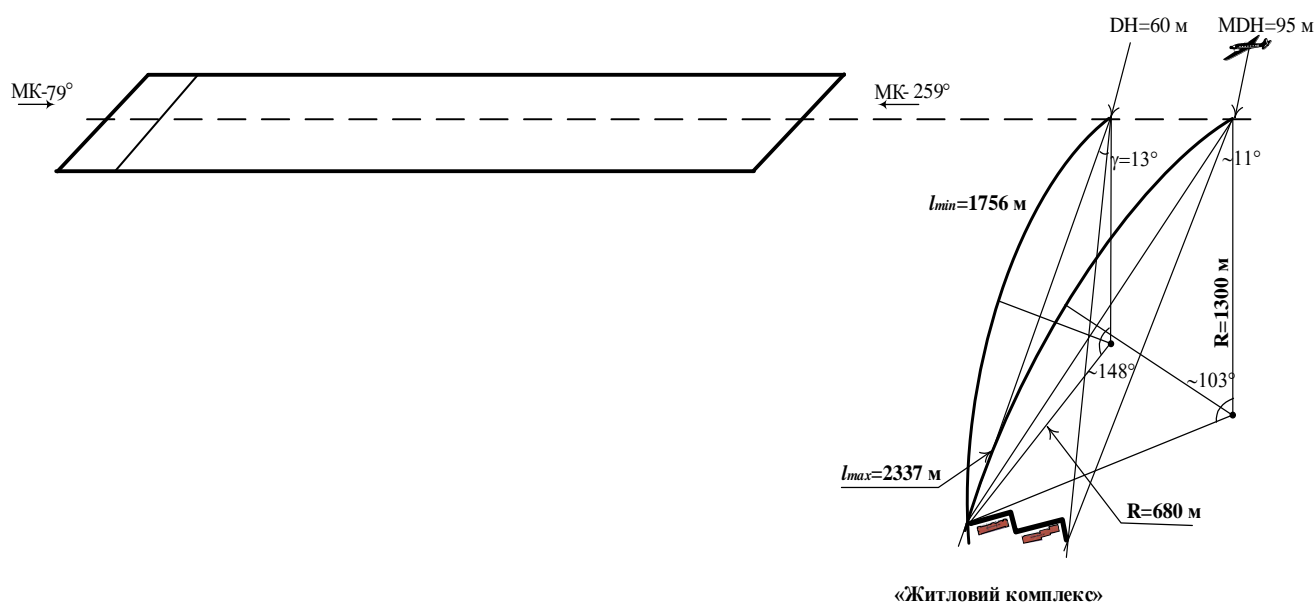


Рис. 3.4. Відхід на друге коло (перервана посадка) при точному/неточному заході на посадку з МК-259° при відмові лівого двигуна та створенні розвертаючого моменту у бік перешкоди (не в масштабі).

До складу ймовірнісної моделі ризику зіткнення з перешкодою при відході ПС на друге коло (перерваній посадці з максимальної висоти) з відмовою критичного двигуна входять всі можливі ситуації, які були розглянуті при моделюванні сценарію ризику зіткнення ПС з перешкодою при перерваній посадці.

Відмінністю у сценарії зіткнення з перешкодою при відході на друге коло (перерваній посадці з максимальної висоти) є те, що розглянуті небезпечні фактори реалізуються раніше і пілот приймає рішення про відхід

на друге коло з висоти прийняття рішення/ мінімальної висоти зниження або з висоти, що хоча б на один метр менше ніж ОСА/Н при точному/неточному заході на посадку. Ризик зіткнення припиняє своє існування, коли ПС знизилось до висоти 35 м, адже в цьому випадку воно перебуває на траверзі «Житлового комплексу» і його подальший рух відбувається у протилежний від перешкод бік.

Зіткнення з перешкодою в цьому випадку – може статися в наступних ситуаціях і в разі реалізації основних явних небезпечних факторів:

1. Найбільш ймовірні небезпечні фактори, що можуть стати причиною відходу на друге коло є наступні:

- невстановлення пілотом ПС необхідного візуального контакту до висоти прийняття рішення обумовлене різними факторами (фактори середовища (дощ, сніг, приземний туман, здвиг вітру, тощо) – $R_{НВК}$;

- оцінка пілотом положення ПС в просторі як такого, що не забезпечує успішного завершення посадки – $R_{НП\text{ ПС}}$;

- повідомлення від диспетчера АДВ про неготовність ЗПС до забезпечення посадки ПС – $R_{ЗПС}$,

- приховані (неявні) небезпечні фактори, що потенційно можуть реалізуватися під час заходу на посадку ПС.

2. Відмова критичного двигуна під час перерваної посадки, що спричиняє розвертаючий момент ПС в напрямку перешкоди під час відходу на друге коло – $Q_{кр.двиг}(t_{вдк})$;

3. Неспроможність пілота витримувати номінальну траєкторію польоту ПС під час відходу на друге коло – $Q_{піл.}(t_{вдк})$.

4. Рух ПС саме в напрямку перешкоди – P_{pn} .

Логіко-ймовірнісна модель для визначення ризику зображена на рис. 3.5.

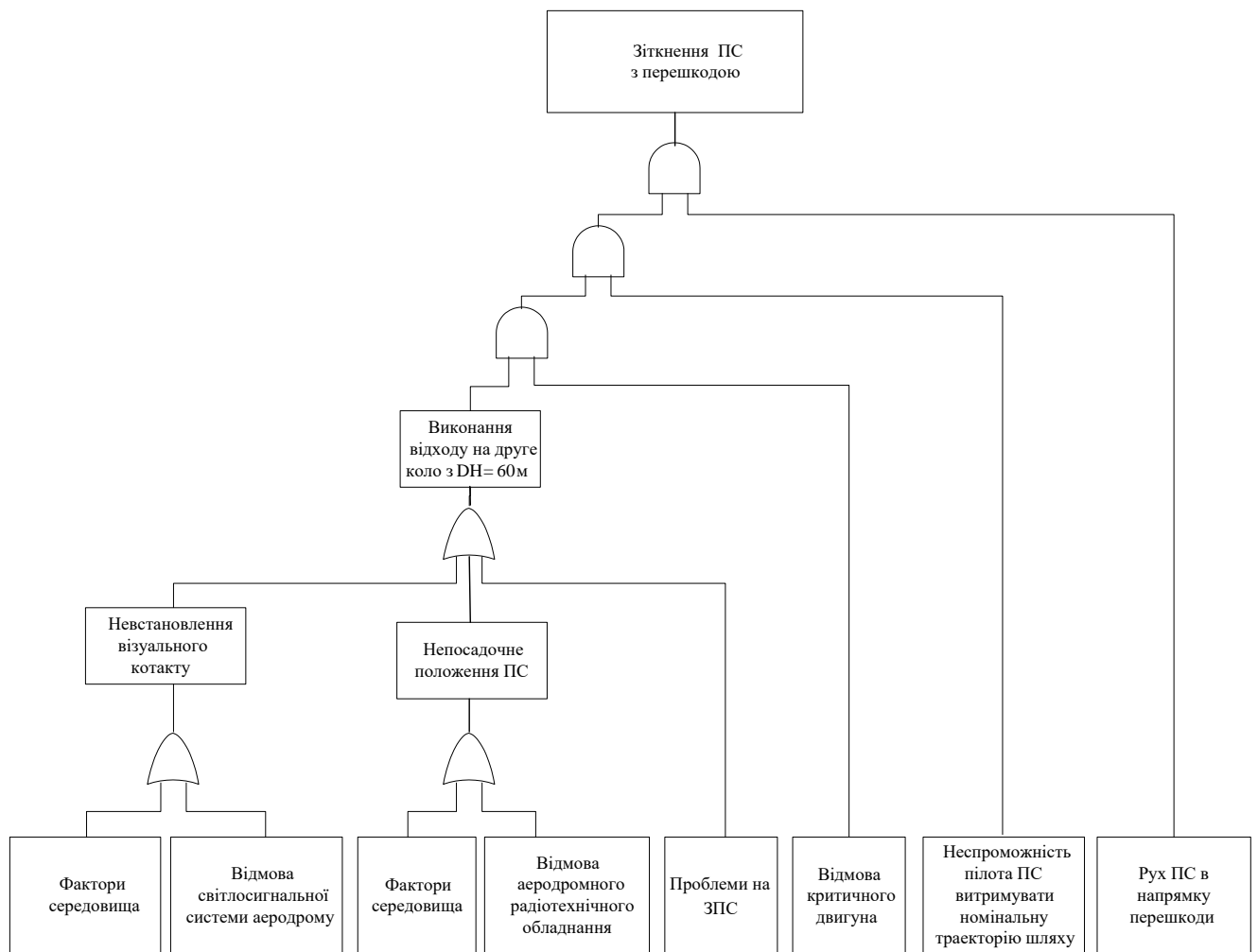


Рис. 3.5 Логіко-ймовірнісна модель зіткнення ПС з перешкодою при відході на друге коло.

Пілот ПС повинен прийняти рішення про відхід на друге коло у випадку реалізації хоча б одного з трьох основних небезпечних факторів, що реалізувалися під час заходу на посадку. Ймовірність цієї події визначається на підставі теореми додавання ймовірностей для сумісних випадкових подій.

$$P_{\text{вдк МК-259}^\circ} = R_{\text{НВК}} + R_{\text{НП ПС}} + R_{\text{ЗПС}} - R_{\text{НВК}} \cdot R_{\text{НП ПС}} - R_{\text{НВК}} \cdot R_{\text{ЗПС}} - R_{\text{НП ПС}} \cdot R_{\text{ЗПС}} - R_{\text{НВК}} \cdot R_{\text{НП ПС}} \cdot R_{\text{ЗПС}}$$

де $P_{\text{вдк МК-259}^\circ}$ – ймовірність виконання відходу на друге коло з МК - 259°.

Тоді ризик зіткнення з перешкодою при відході на друге коло $R_3(t_{\text{вдк}})$ описується наступним співвідношенням

$$R_3(t_{\text{вдк}}) = P_{\text{вдк МК-259}} \cdot Q_{\text{кр.двиг}}(t_{\text{вдк}}) \cdot Q_{\text{ніл.}}(t_{\text{вдк}}) \cdot P_{\text{рп}} \quad (3.5),$$

Відповідно до аналізу статистичних даних щодо виконання польотів на регіональних аеродромах України з максимальною інтенсивністю повітряного руху (КП Міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни), ДМА «Бориспіль», аеропорт «Харків») середнє значення частот виконання процедури відходу на друге коло може бути прийнято на такому самому рівні, як і частот перерваної посадки

$$P_{\text{вдк МК-259}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ 1/посад.}$$

Ймовірність відмови критичного двигуна за час відходу на друге коло ($t_{\text{нп}} = 7$ хв.) визначається на підставі експоненціального закону розподілу середнього часу наробітку на відмову сучасних авіаційних двигунів ($T_0 = 10000$ год) і дорівнює

$$Q_{\text{кр.двиг}}(t_{\text{нп}}) = 1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \cong 2,3 \cdot 10^{-6}.$$

Ймовірність руху ПС у напрямку перешкоди визначається максимальним розміром сектора відносно вісі ЗПС, в якому може перебувати ПС при відмові критичного двигуна ($\alpha = 90^\circ$) та максимальними кутовими розмірами перешкоди ($\gamma = 13^\circ$), які враховують подвійний розмах крила ПС (в середньому приймаємо 35 м).

$$P_{\text{рп}} = \Delta\gamma/\alpha \cong 0,144$$

При підстановці вихідних даних отримаємо значення ризику зіткнення з «Житловим комплексом» при відході на друге коло (перерваній посадці) при точному/неточному заході на посадку на рівні

$$R_3(t_{\text{вдк}}) = 1,69 \cdot 10^{-9} \text{ 1/опер.} \quad (3.6)$$

Як вже вказувалось раніше, ризик зникає, коли ПС знижується до висоти 35 м і нижче, але у формулі (4.6) вказаний факт не враховується, що дещо завищує значення ризику. Тобто, насправді, ризик зіткнення ПС з «Житловим комплексом» буде ще менше, але це суттєво не вплине на

результати оцінки індексів ризиків, тому корегування кількісного значення ризику не має сенсу.

3.2 Оцінка значення ризиків та розробка організаційно-технічних заходів щодо зменшення ризику на приаеродромних територіях

Відповідно до розглянутих моделей ситуацій із організаційно-технічних заходів можна запропонувати світлогородження певних об'єктів, які можуть створювати аварійні ситуації на приаеродромних територіях та розрахунок сумарних ризиків.

Висновки

1. Житловий комплекс для військовослужбовців та членів їх сімей з об'єктами обслуговування населення по вулиці Трутенка, 3 у Голосіївському районі м. Києва, буде знаходитися в зонах приаеродромних територій аеродромів «Київ» (Жуляни), «Бориспіль», «Київ/Антонов-1»,

«Київ/Антонов-2» і буде перевищувати внутрішню горизонтальну поверхню обмеження перешкод аеродрому «Київ» (Жуляни).

2. Встановлено, що «Житловий комплекс» з абсолютною висотою споруд у Балтійській системі висот 269,9 м (286,8 м з урахуванням висоти крану) перевищує внутрішню горизонтальну поверхню на 46,0 м (на 62,9 м з урахуванням висоти крану) і є перешкодою, яка створює ризик зіткнення ПС при виконанні польотів на аеродромі «Київ» (Жуляни).

3. Проаналізовані всі можливі сценарії щодо ризиків зіткнення ПС з «Житловим комплексом» при виконанні операцій на аеродромі «Київ» (Жуляни) та встановлено, що саме перевищення «Житловим комплексом» внутрішньої горизонтальної поверхні обмеження перешкод створює ризик зіткнення ПС з перешкодою.

4. Встановлено, що ризик зіткнення ПС з «Житловим комплексом» створюється у трьох випадках: при виконанні продовженого зльоту та перерваної посадки ПС з МК - 79° з відмовою критичного двигуна та при виконанні відходу на друге коло (або перерваної посадки з висоти, що є менше ніж ОСА/Н, але не менше 35 м) при точному заході на посадку з відмовою критичного двигуна з МК - 259°.

5. Розроблено математичну модель зіткнення з перешкодою (CRM) та визначено ризики зіткнення з «Житловим комплексом» при продовженому зльоті та перерваній посадці ПС з МК - 79° з відмовою критичного двигуна та при виконанні відходу на друге коло (або перерваної посадки) при точному/неточному заході на посадку з відмовою критичного двигуна з МК - 259°.

6. На підставі розроблених математичних моделей CRM визначені кількісні значення індивідуальних ризиків зіткнення з «Житловим комплексом» при продовженому зльоті та перерваній посадці з МК - 79° з відмовою критичного двигуна, та при виконанні відходу на друге коло (або перерваної посадки) при точному/неточному заході на посадку з відмовою

критичного двигуна з МК - 259° , які становлять відповідно $1,02 \cdot 10^{-7}$ 1/зліт та $1,2 \cdot 10^{-9}$ і $1,69 \cdot 10^{-9}$ 1/посадку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы: [в 2т.]: Том I. Проектирование и эксплуатация аэродромов. – Монреаль, издание 7, июль, 2016. – 380 с. – (ICAO.

- Международные Стандарты и Рекомендуемая практика)
2. Сертифікаційні вимоги до цивільних аеродромів України. – (Наказ Державіаслужби України від 17.03.2006 р. № 201).
 3. Наказ від 30.11.20012, № 721, Зареєстровано в Міністерстві юстиції
24 грудня 2012 року за № 2147/22459. Про затвердження Порядку погодження місця розташування та висоти об'єктів на приаеродромних територіях та об'єктів, діяльність яких може вплинути на безпеку польотів і роботу радіотехнічних приладів цивільної авіації.
 4. Joint Aviation Requirements for Large Airplanes (JAR-25).
 5. Межгосударственный авиационный комитет. Авиационные Правила, часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории с поправкой 7, 2014.
 6. Руководство по использованию модели риска столкновения (CRM) для полетов по ILS, Doc 9274/1 – 1-е изд. 1980.
 7. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП), Doc 9859, AN/474. – Монреаль, 316 с, 3-е изд. – 2013 г. (ICAO. Международные стандарты и рекомендуемая практика).
 8. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полетов. – Монреаль, издание 1, июль 2013. – 44 с. – (ICAO. Международные Стандарты и Рекомендуемая практика).