

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

<b>ILS(СП)</b>	Система посадки інструменту
<b>МЕНТ</b>	На найнижчій висоті, на якій пілот літака знаходиться вище порога злітно-посадкової смуги, бачиться індикатор RARI "на шляху ковзання" - два білих, два червоних
<b>АВ</b>	аеродромна пожежа
<b>Глісада</b>	Траєкторія польоту, встановлена для спуску літака на завершальній стадії заходу [2]
<b>Глісада ILS</b>	Місце точок у вертикальній площині, що проходить через центральну лінію злітно-посадкової смуги, різниця глибин модуляції дорівнює нулю і яка становить найменший кут з вертикальною площиною [2]
<b>Ефективний початок глісади ILS</b>	Точка, з якої виходить пучок ILS
<b>ЗПС (ШЗПС)</b>	Смуга злітно-посадкової смугт
<b>ІТ</b>	ізоляційний трансформатор
<b>КЛ</b>	Кабельна лінія
<b>НФС</b>	Надійність-функціональна схема
<b>Опорна точка ILS</b>	Точка на зазначеній висоті, розташована над перетином осі ЗПС та порогом ЗПС, через яку проходить продовження прямолінійної ділянки ковзання ILS [2]
<b>ПАВ</b>	Підсистема аеродромних вогнів
<b>ПС</b>	літака

<b>ПЕАВ</b>	Підсистема для живлення аеродромних ліхтарів
<b>Перешкода</b>	Усі нерухомі тимчасові або постійні об'єкти, а також предмети, що рухаються, або їх частини, що знаходяться в зоні, призначеній для переміщення повітряних суден, над зоною руху, або які піднімаються над звичайною поверхнею, призначеною для забезпечення безпеки повітряних суден у польоті [2]
<b>Підсистема глісадних вогнів</b>	Підсистема аеродромного освітлення, призначена для надання пілоту літака кольоровою інформацією про положення в просторі щодо оптимального шляху ковзання
<b>Поріг ЗПС</b>	Початок ділянки злітно-посадкової смуги аеродрому збігається з його кінцем і може бути використаний для посадки літаків [2]
<b>РЯ</b>	регулювання яскравості
<b>ССА</b>	Аеродромна система світлової сигналізації
<b>СМУ</b>	Складні метеорологічні умови

## ВСТУП

Система світлової сигналізації аеродрому (аеродрому) призначена для забезпечення пілота повітряного судна (ПС) візуальною інформацією при зльоті, заході на посадку, посадки і рулени в умовах обмеженої видимості на злітно-посадковій смузі (ЗПС) вдень і вночі. Рівень безпеки польоту ЛА на етапі візуального пілотування в складних метеоумовах (БМУ) багато в чому визначається технічним станом ССА. Важливим завданням при візуальному пілотуванні літака є прийняття рішення при заході на посадку і посадки.

За допомогою SSA пілот встановлює прямий візуальний контакт із землею і отримує відповідну інформацію про положення літака відносно злітно-посадкової смуги. Чим вище посадкова швидкість і нижче видимість, тим менше часу у пілота, щоб дивитися йому в очі і приймати рішення. На останніх етапах посадки більш впевнені дії пілота спостерігаються при хорошій видимості сигналів SSA. Завдяки SSA пілот має можливість визначати напрямок по осі ЗПС, відстань до ЗПС, крен літака, ширину і напрямок ЗПС, місце посадки, напрямок зльоту і напрямок руху після приземлення.

Є чотири елементи, які повністю характеризують SSA. Для зручності ці елементи можна назвати чотирма «С» - інтенсивність світла вогнів (Candle), колір випромінювання (Color), конфігурація в аеропорту (Configuration) і площа світлового потоку (Coverage). Як конфігурація, так і колір надають пілоту інформацію, необхідну для динамічної тривимірної орієнтації.

Конфігурація надає інформацію про вихід пілота на необхідний азимут, а колір інформує його про місцезнаходження в системі. Сила світла і площа поширення сили світла аеродромних вогнів відносяться до характеристик освітлення, які необхідні для роботи конфігурації і кольору.

Пілот літака буде враховувати не тільки конфігурацію і колір системи, а й зміна сили світла. Ці чотири параметри можуть застосовуватися до всіх систем освітлення в аеропорту і значно варіюються в залежності від таких факторів, як розмір аеропорту і умови видимості.

Залежно від складу і технічних характеристик окремі елементи ССА діляться на:

VMI - система вогнів малої інтенсивності, призначена для забезпечення заходу на посадку, посадки, рулювання і зльоту повітряних суден при візуальних польотах і польотах в робочому мінімумі категорій *buz*;

VVI - I, II, III - системи високоінтенсивних вогнів призначені для забезпечення підходу і посадки літака при точному заході на мінімуми I, II, III категорій відповідно, а також рулювання і зліт.

Всі вогні, що входять до складу SSA, в залежності від функціонального призначення об'єднуються в підсистеми SSA.

Підсистема вогнів наближення складається з серії вогнів, встановлених на осі ЗПС на відстані 900 м, але не менше 870 м від порога ЗПС, і серії вогнів, що утворюють світловий горизонт шириною  $30 \pm 3$  м на відстані  $300 \pm 12$  м. М від порога ЗПС.

Підсистема бортового освітлення ВПП - призначена для позначення бічних кордонів ВПП і позначення її дальності. Вогні розміщуються по всій довжині ЗПС двома паралельними рядами на однаковій відстані від осьової лінії ЗПС і не далі 3 м від краю ЗПС. Розміщується з рівним інтервалом не більше 60 м. Останні 600 м випромінюють біле світло.

Підсистема вхідного світла призначена для індикації початку злітно-посадкової смуги. Вхідні вогні розміщуються на лінії, перпендикулярній осі ЗПС, на відстані не більше 3 м із зовнішнього боку до порога ЗПС. Зелене випромінювання в напрямку наближається літака.

Підсистема обмежують вогнів ЗПС призначена для позначення кінця ЗПС. Вогні повинні бути розміщені на лінії, перпендикулярній осі ЗПС, на відстані не більше 3 м від зовнішньої сторони кінця ЗПС. Встановлено через рівні проміжки між вхідними фарами. Увімкніть червоне світло.

Підсистема осьових вогнів - розміщена на осі ЗПС від порогу до її кінця. Використовуються двонаправлені далекі вогні з білим випромінюванням від порога ЗПС до точки на відстані 900 м до кінця ЗПС; білі і червоні радіаційні вогні, що чергуються на площі 900 - 300 м (до кінця злітно-посадкової смуги); червоне світло на останніх 300 м злітно-посадкової смуги.

Підсистема вогнів зони приземлення - вогні встановлюються на перших 900 м від порога злітно-посадкової смуги. Поздовжні інтервали між вогнями 30м. Вогні глибокого типу, що загоряються в напрямку приземляється літака.

Підсистема глісади ВПП призначена для візуальної індикації глісади пілота літака на етапі візуального пілотування при заході на посадку в простих і складних метеорологічних умовах.

Підсистема планують вогнів на ЗПС призначена для посадки незалежно від інших візуальних або невізуальних коштів заходу на посадку при дотриманні одного або декількох з наступних умов:

1. Якщо злітно-посадкова смуга використовується турбореактивним або іншим літаком, якому потрібно візуальна інформація про глиссаде при заході на посадку.

2. Якщо у пілотів будь-якого типу можуть виникнути труднощі з оцінкою правильності своїх дій під час заходження на посадку через недостатню кількість візуальних орієнтирів над водними поверхнями і над однорідної місцевістю або через імовірність помилкових дій пілота в разі конкретної місцевості. або ухили злітно-посадкової смуги.

3. У разі висотних перешкод в зоні нормальної траєкторії посадки, особливо при відсутності невізуальних або візуальних попереджувальних пристроїв.

4. Якщо фізичний стан поверхні злітно-посадкової смуги на будь-якому з кінців становить небезпеку для пілота повітряного судна в разі його посадки з малою дальністю польоту або прольоту.

5. Рельєф або метеорологічні умови в районі аеродрому повинні бути такими, щоб повітряне судно могло увійти в зону підвищеної турбулентності під час заходу на посадку.

Найбільш поширеною для більшості аеродромів України є система візуальної індикації глісади типу RARI (показчик траєкторії точного заходу на посадку). Система RARI складається з одного бокового горизонту, який складається з чотирьох джерел світла з двома джерелами світла з різними колірними переходами, розташованими через рівні проміжки часу. Кожен з чотирьох джерел світла вносить свій внесок в загальний світловий візерунок, який повністю спотворюється через вихід з ладу будь-якого з джерел світла.

Фланговий горизонт підсистеми глиссируючих ліхтарів виготовлений і встановлений таким чином, щоб при підльоті льотчик бачив:

- на плануючому глиссаде або поблизу нього - два вогню ближче до ЗПС - червоні, і два далекого від ВПП - білі;

- знаходяться вище глісади планування - один вогонь, ближче до злітно-посадкової смуги - червоний, і три вогню до цього злітно-посадкової смуги - білий; або перебуваючи навіть вище глісади, він бачив все білі вогні;

- знаходження нижче глісади планування - три вогню ближче до ЗПС - червоні і один вогонь далеко від ВПП - білий; або, ще перебуваючи під глісадою, він побачив все червоні вогні.

Підсистема глиссируючих вогнів є найбільш важливим візуальним наведенням при наближенні до посадки.

Підсистема світлових вогнів глісади відрізняється від інших підсистем світлосигнальної системи аеродрому. Всі підсистеми світлосигнальної системи позначають певну ділянку злітно-посадкової смуги і в якійсь мірі резервують один одного. Принцип роботи підсистеми планарних вогнів злітно-посадкової смуги зовсім інший. За допомогою цієї підсистеми кодується не окрема ділянка злітно-посадкової смуги, а планування глісади літака при заході на посадку. Крім того, підсистема глиссируючих вогнів НЕ зарезервована за іншими підсистемами, оскільки жодна з них не надає інформацію про траєкторію зниження під час заходу на посадку. Підсистема планує вогнів на ЗПС необхідна при польоті в умовах наземного туману, оскільки системи заходу на посадку і вогні ЗПС, які можна побачити крізь туман під час зниження для заходу на посадку, швидко втрачаються або повністю втрачаються з уваги при наближенні літака до верхнього шару туману або біля входу в нього. У приземному тумані світлові орієнтири губляться з поля зору на малих висотах, і пілот, який виконує політ візуально, може відчувати помилкове враження збільшення висоти при швидкому русі від спостережуваних орієнтирів до їх зникнення, коли насправді літак знижується. У відповідь на це помилкове відчуття піднесення пілот починає більш крутий спуск з малої висоти при відсутності візуальних орієнтирів або, в кращому випадку, з обмеженими візуальними орієнтирами, що може привести до зіткнення із землею або злітно-посадковою смугою на великій висоті. вертикальна швидкість спуску. При наявності підсистеми глиссируючих вогнів ризик виникнення такої ситуації знижується.

Системи візуальної індикації глісади забезпечують наведення літака на глісаду, але на відміну від інших наочних посібників надають тільки базові інструкції, які дозволяють пілотам судити про досягнення бажаного кута глісади. Керуючи літаком за допомогою системи візуального відображення глісади, пілоти звільняються від значного навантаження, пов'язаної з оцінкою правильності номінальної траєкторії глісади. Нижче описана процедура, яка буде використовуватися при відсутності наведення по глиссаде.

У міру наближення літака до злітно-посадкової смуги перед зниженням для

виконання останнього етапу заходу на посадку пілот спостерігає візуальні орієнтири злітно-посадкової смуги, які в поле зору через лобове скло літака зміщуються вниз. У момент, коли відповідна точка на осі ЗПС, на яку повинен бути спрямований літак при зниженні (точка посадки), переміститься нижче лінії горизонту і буде видно під кутом, відповідним глиссаде, пілот починає зниження, напрямок літака до обраної ним точці посадки. Обрана точка посадки змінює своє положення в залежності від розміру літака і довжини злітно-посадкової смуги.

Відхилення від ідеальної глисади вгору або вниз призводить, відповідно, до збільшення або зменшення вертикального розміру, що спостерігається пілотом в перспективі зображення ВПП, що супроводжується зміною кутів кордонів ВПП щодо її порога і лінії горизонту.

В даний час відповідно до стандартів Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) [1] підсистема планують вогнів злітно-посадкової смуги є обов'язковою з 1 січня 2008 року для використання в міжнародних аеропортах, а з 1 січня 2010 року - у всіх цивільних аеропортах України. . За радянськими стандартами підсистема планерних вогнів була обов'язковою, частково її виконувала підсистема посадочних вогнів, яка повідомляла пілоту про зону, де літак повинен торкнутися злітно-посадкової смуги при посадці. Устаткування систем світлової сигналізації більшості аеропортів України потребує або в повній заміні, або хоча б в поступової модернізації. При проведенні модернізації відповідно до вимог [2] підсистема габаритних вогнів посадкового знака замінюється підсистемою глиссируючих вогнів злітно-посадкової смуги.

У нормативно-технічних документах цивільної авіації України, стандартах і рекомендаціях ІКАО немає методики визначення місцеположення планують вогнів, є лише деякі положення і вимоги. Необхідно розробити єдину методику, яка містила б чітку процедуру і докладні рекомендації з визначення місця розташування планують вогнів.

Мета дипломної роботи: розробити методику визначення місця розташування і ескізних рішень по установці підсистеми глиссируючих вогнів злітно-посадкової смуги, визначення електричної потужності кабельних ліній для живлення цих



підсистем і вибору регуляторів яскравості.

Для досягнення цієї мети були сформульовані наступні завдання, які необхідно вирішити:

1. Аналіз призначення та ролі підсистеми глиссируючих вогнів ЗПС в процесі забезпечення польоту.

2. Аналіз нормативно-технічних документів цивільної авіації України, стандартів ІКАО і рекомендацій по методиці визначення місцеположення планують вогнів.

3. Розробка методики і розрахунок розташування планують вогнів.

4. Визначення потужності кабельних ліній для живлення підсистем який планує світла і вибір регуляторів яскравості.

## РОЗДІЛ 1

### РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ліхтарі і РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

#### 1.1. Аналіз нормативно-технічної документації по визначенню розташування планують вогнів на злітно-посадковій смузі.

##### 1.1.1. Загальні положення методу.

Постановка завдання: в нормативно-технічних документах відсутня методика визначення місцеположення планують вогнів, є лише деякі положення і вимоги. Необхідно розробити єдину методику, яка містила б чітку процедуру і докладні рекомендації з визначення місця розташування планують вогнів.

Згідно з нормативно-технічному документу [2] підсистема глісадних вогнів ЗПС - система візуальної індикації глісади типу RARI повинна складатися з чотирьох вогнів, розташованих з лівого боку ЗПС. Всі вогні системи RARI повинні бути встановлені на лінії, перпендикулярній осі ЗПС. Допускаються глиссирующие вогні:

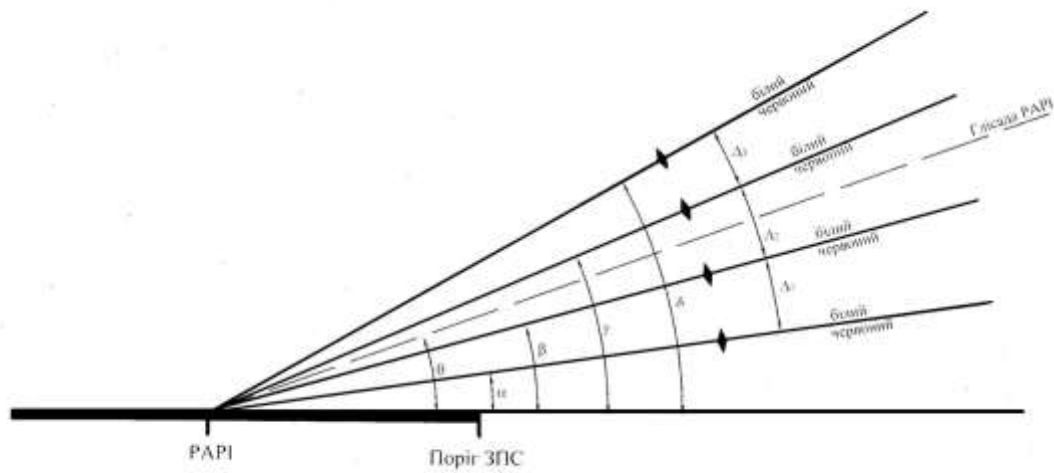
а) з правого боку злітно-посадкової смуги, якщо неможливо встановити їх з лівого боку;

б) по обидва боки ЗПС.

В системі RARI інтервали між вогнями повинні складати  $9 \pm 1$  м, а найближчий до ЗПС вогонь повинен знаходитися на відстані  $15 \pm 1$  м від її краю. Для системи RARI на ЗПС класів D, E інтервали між вогнями складають  $6 \pm 1$  м, а відстань від краю ЗПС до внутрішнього вогню становить  $10 \pm 1$  м.

Лампи ковзання повинні бути рівними. Якщо поперечний ухил аеродрому не дозволяє виконати цю вимогу, різниця у висоті сусідніх ліхтарів не повинна перевищувати 5 см. Осі вогнів (системна вісь) RARI повинні бути паралельні осі злітно-посадкової смуги. Відхилення осей вогнів (осей системи) від напрямку осі злітно-посадкової смуги на кут до  $5^\circ$  при необхідності зміщення відповідного кута поверхні захисту від перешкод.

Кути наростання світлових променів вогнів і проміжки між ними повинні відповідати рис. 1.1 - 1.2 і таблиці.



1.1.

Рис. 1.1 Кути підвищення світлових пучків вогнів у системі РАРІ

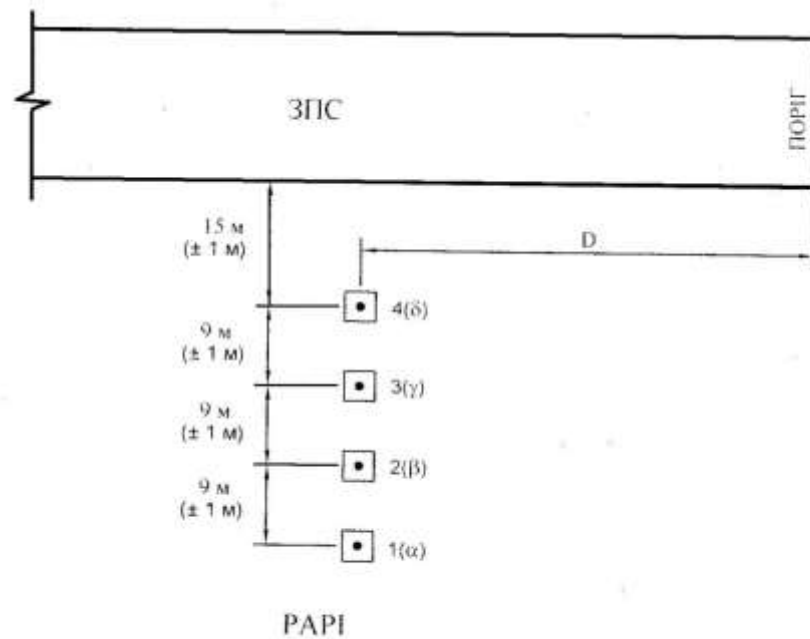


Рис.1.2 Основна схема розташування РАРІ

Таблиця 1.1

Інтервали між світловими пучками

Кут нахилу глісади	Інтервали			
	RARI			ARARI
	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$	$\Delta$
2,5° - 4°	20'	20'	20'	30'
Більше 4°	30'	30'	30'	30'

**Згідно [1] (п.8.3.20.) оптимальне віддалення вогнів системи RARI від порогу ЗПС визначається:**

- вимоги щодо забезпечення бажаного запасу висоти коліс шасі над порогом злітно-посадкової смуги для всіх типів повітряних суден, що використовують аеродром;

- експлуатаційна необхідність сумісності системи RARI з глісадою невізуальних заходу на посадку;

- відмінності в кутах збільшення вогнів системи RARI і вогнів порога ЗПС.

Після визначення бажаного кута нахилу глісади (зрозуміло) і відповідних кутів налаштування параметри визначаються в такий спосіб.

Якщо на злітно-посадковій смузі немає системи посадки на основі ILS, спочатку необхідно скористатися таблицею. 5.2 розділу 5 томи 1 [3], визначити необхідний запас висоти коліс шасі на порозі злітно-посадкової смуги для типів ВС, які використовують аеродром. Величина MENT, що забезпечує запас висоти коліс шасі над порогом злітно-посадкової смуги, дорівнює сумі відстані від рівня очей пілота літака до коліс шасі і бажаного запасу висоти. коліс шасі над порогом злітно-посадкової смуги.

Розрахунок номінального розташування вогнів RARI заснований на припущенні, що вони знаходяться на одному рівні з відповідною ділянкою осьової лінії ЗПС, а цей рівень, в свою чергу, є рівнем порогу ЗПС. Номінальна відстань

вогнів RARI від порога ЗПС визначається як добуток бажаного значення MENT на котангенс кута М.

На ЗПС, обладнаних злітно-посадковою смугою, глиссада Папі повинна максимально збігатися з глісадою систем радіопосадки [2]. Якщо глиссада (SP) ILS відрізняється від номінальної на 5  $\phi$  і більш, то допускається установка глісади RARI під кутом нахилу глісади (SP) ILS, а не на номінальній. Якщо обладнання ILS встановлено на злітно-посадковій смузі, система RARI повинна бути розташована поруч з ефективним початком глісади ILS. На місце розташування буде впливати середня відстань по вертикалі від рівня очей пілота літака до антени ILS. Оптимальна сумісність RARI з ILS має бути забезпечена для всього діапазону вертикальних відстаней між рівнем очей пілота і антеною літака. Відстань, на яке вогні RARI повинні бути зміщені від ефективною початковою точки глісади ILS, дорівнює добутку середнього значення відстані від рівня очей пілота літака до антени ILS на котангенс глісади. кут шляху. Отримане значення віддаленості вогнів від порога ЗПС повинно бути таким, щоб запас висоти коліс шасі над порогом ЗПС, наведений в табл. 5.2 розділу 5 томи 1 [3].

Висновок: відстань вогнів глісади від порога ЗПС розраховується таким чином, щоб забезпечити оптимальне збіг глісади RARI з ILS. Критерій оптимальності є відстанню від ковзання вогнів від порога ЗПС, при якому відстань по вертикалі від «променя» з Rari до порога ЗПС відповідає вихідної точки ILS.

Сумісність RARI і ILS можна поліпшити, розширивши сектор RARI на глиссаде до.

Остаточне розміщення вогнів визначається співвідношенням між кутом заходу на посадку, різницею в рівні установки вогнів щодо порога ЗПС і найнижчою висотою, з якої пілот над порогом ЗПС бачить вогні RARI ». глиссада »- два білих, два червоних - MENT. Кут М, який використовується для визначення Менті, менше кута постановки вогню, що визначає нижню межу свідчення на глиссаде (тобто вогонь №2).

**Згідно [2] номінальну відстань місця розташування глісадних вогнів від порога ЗПС необхідно скорегувати якщо:**

- висота осі ЗПС, відповідна номінальному відстані, відрізняється від рівня порога ЗПС більш ніж на 0,3 м;

- висота вогнів (розсіювачів) RARI відрізняється від висоти осі ЗПС, що відповідає розташуванню RARI, більш ніж на 0,3 м.

У випадках, коли різниця між відносною висотою порогу ЗПС і відносною висотою вогнів RARI перевищує 0,3 м на номінальному відстані від порога ЗПС, виникає необхідність перемістити вогні RARI з їх номінального розташування. Це відстань буде більше, якщо номінальне розташування нижче порога ЗПС, і навпаки, якщо вказане місце розташування вище порога ЗПС. Ліхтарі RARI повинні встановлюватися на мінімальній висоті не більше 0,9 м над рівнем землі.

Не допускається виступання будь-яких предметів над поверхнею захисту від перешкод системи візуальної індикації глісади. Розміри і кут нахилу поверхні захисту від перешкод визначаються за таблицею 5.3 розділу 5 томи 1 [3]. Ця поверхня оглядається, щоб підтвердити відсутність перешкод всередині неї.

#### 1.1.2. Алгоритм визначення розташування глиссируючих вогнів.

1. Визначення номінального розташування планують вогнів і мінімальної висоти рівня очей пілота над порогом злітно-посадкової смуги (MENT):

1) ефективний старт глісади ILS для однорівневої ВПП;

2) середня відстань по вертикалі між рівнем очей пілота і антеною ILS;

3) номінальне розташування вогнів RARI з урахуванням середньої відстані між рівнем очей пілота і антеною ILS;

4) визначення MENT.

1. Регулювання висоти шасі над порогом злітно-посадкової смуги.

2. Коригування умовного розташування глиссируючих вогнів з урахуванням відносної висоти поздовжнього профілю злітно-посадкової смуги.

3. Регулювання розташування планерів з урахуванням висоти лінз оптичних систем освітлення.

4. Зворотний контроль значення «MENT» по відношенню до загальної помилку розрахунку.

1.1. Розробка методики розрахунку розташування планують вогнів на злітно-посадковій смузі.

Розрахунок номінального розташування вогнів RARI заснований на припущенні, що вогні знаходяться на одному рівні з відповідною ділянкою осьової лінії ЗПС, цей рівень, в свою чергу, збігається з рівнем порогу ЗПС.

З експлуатаційної точки зору бажано розмістити систему RARI так, щоб її сигнал «на глиссаде» збігався з глісадою невізуальних засобів наведення - ILS.

**1.2.1. Визначення номінального місця розташування глісадних вогнів та мінімальної висоти рівня очей пілота над порогом ЗПС (MENT).**

**1.2.1.1. Ефективний початок глісади ILS для однорівневої ЗПС.**

Якщо обладнання ILS встановлено на злітно-посадковій смузі, система RARI розміщується поруч з ефективним початком глісади ILS. Ефективний старт глісади ILS для однорівневої ВПП (ВПП з рівною поверхнею) знаходиться на відстані  $D$  від порога ЗПС. Відстань  $D$  становить:

$$D = H \cdot \operatorname{ctg} \theta, \quad (1.1)$$

де  $H$  - висота глісади ILS над порогом ЗПС (опорна точка ILS);

$\theta$  - кут нахилу глісади.

На місце розташування буде впливати середня відстань по вертикалі між рівнем очей пілота і антеною літака, який використовує аеропорт.

### **1.2.1.2. Середня відстань по вертикалі між рівнем очей пілота та антеною ILS.**

$$\bar{H}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n H_{2i}}{n}, \quad (1.2)$$

де  $n$  - кількість найбільш критичних повітряних суден;

$H_{2i}$  - вертикальна відстань між рівнем очей пілота та антеною для  $i$ -того повітряного судна, що використовує даний аеродром.

### **1.2.1.3. Номінальне місце розташування вогнів РАРІ з урахуванням середньої відстані між рівнем очей пілота та антеною ILS.**

Відстань  $\Delta D_1$ , на яку необхідно змістити вогні РАРІ від точки ефективного початку глісади ILS вперед вздовж ЗПС дорівнює:

$$\Delta D_1 = \bar{H}_2 \cdot \operatorname{ctg} \theta, \quad (1.3)$$

де  $\bar{H}_2$  - середнє значення вертикальної відстані між рівнем очей пілота і антеною ПС, що використовує аеродром;

$\theta$  - кут нахилу глісади.

Номінальне місце розташування вогнів РАРІ з урахуванням середнього значення вертикальної відстані між рівнем очей пілота та антеною повітряного судна знаходиться:

$$D_H = H \cdot \operatorname{ctg} \theta + \Delta D_1, \quad \text{тобто} \quad D_H = (H + \bar{H}_2) \cdot \operatorname{ctg} \theta \quad (1.4)$$



Найменша висота  $H_M$  (рис.1.3), з якої пілот, що знаходиться над порогом ЗПС бачить індикацію вогнів РАРІ «на глісаді» - два білих, два червоних – МЕНТ знаходиться як:

$$\begin{aligned} H_M &= D_H \cdot \operatorname{tg} M, \\ M &= \beta - 00^\circ 02' \end{aligned} \quad (1.5)$$

$\beta$  - кут встановлення вогню №2.

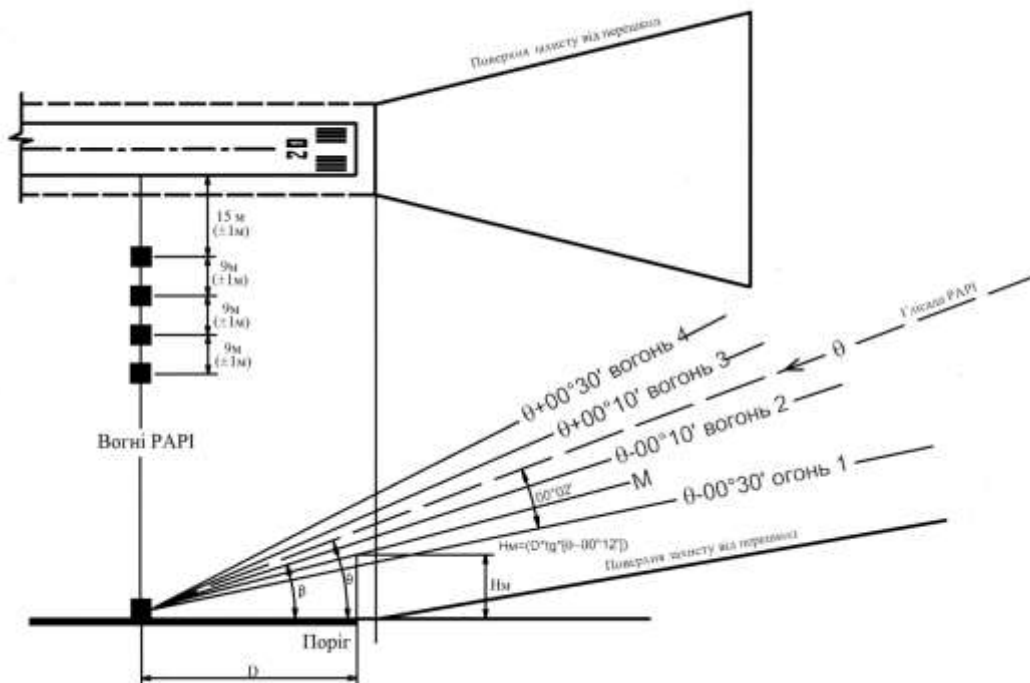


Рис. 1.3 Розміщення та кути підвищення світлових пучків вогнів РАРІ

### 1.2.2. Контроль запасу висоти коліс шасі над порогом ЗПС.

Необхідно виконати перевірку запасу висоти коліс шасі над порогом ЗПС. Значення запасу висоти для  $i$ -того ПС:

$$h_i = H_M - H_{i_i},$$

де  $H_{1i}$  - значення відстані від рівня очей пілота до рівня коліс шасі для  $i$ -того ПС, що використовує аеродром.

При виборі групи вертикальних відстаней враховуйте тільки ті літаки, які будуть регулярно використовувати цю злітно-посадкову смугу. Найбільш важливі (найбільші) з цих літаків визначають групу вертикальних відстаней між рівнем очей пілота і нижньою точкою коліс шасі. Як правило, повинен бути забезпечений бажаний запас висоти нижньої точки коліс шасі над порогом злітно-посадкової смуги, зазначений в стовпці 2 таблиці. 5.2 розділ 5 том 1 [3]. В окремих випадках значення запасу висоти нижньої точки коліс шасі над порогом злітно-посадкової смуги можуть бути зменшені (але не менше) до значень в графі 3 таблиці. 5.2 розділу 5 том 1 [3], якщо буде підтверджено, що зменшені значення нижньої точки висоти коліс шасі над порогом ЗПС є прийнятними [2].

### **1.2.3. Коректування номінального місця знаходження глісадних вогнів з урахуванням відносних висот подовжнього профілю ЗПС.**

Відстань номінального розташування RARI має коригуватися, якщо відносна висота осьової лінії ЗПС на відстані відрізняється від рівня порога ЗПС більш ніж на 0,3 м: м,

де - відносна висота порога ЗПС;

- відносна висота осьової лінії ЗПС на номінальному відстані розташування гліссируючих вогнів.

Якщо необхідна різниця не перевищує 0,3 м, номінальний розташування не вимагає подальшого уточнення.

У випадках, коли різниця між відносною висотою порогу ЗПС і відносною висотою гліссаде перевищує 0,3 м, необхідно змістити вогні RARI щодо номінального розташування. Відстань зсуву:

$$\Delta D_2 = (H_0 - H_H) \cdot ctgM ,$$

де  $M = \beta - 00^{\circ}02'$  ;

$\beta$  - кут встановлення вогню №2.

Скорегована відстань дорівнює:  $D_H' = D_H + \Delta D_2$

$\Delta D_2$  підсумовується зі своїм знаком, тобто при  $H_0 < H_H$  вогні необхідно зменшити до порога ЗПС на відстань  $\Delta D_2$ , а при  $H_0 > H_H$  - від порога ЗПС.

Якщо при новому значенні відносна висота осі ЗПС на номінальному відстані розташування планують вогнів відрізняється більш ніж на 0,3 м від відносної висоти порога ЗПС, виконується повторна корекція до тих пір, поки різниця в висоті не стане менше. ніж 0,3 м.

#### **1.2.4. Коректування місця знаходження глісадних вогнів з урахуванням висоти лінз оптичних систем вогнів.**

Відстань номінального місця розташування РАРІ необхідно скоректувати, якщо висота вогнів (лінз) РАРІ відрізняється від висоти осьової лінії ЗПС, що відповідає розташуванню РАРІ, на розмір більш 0,3м:  $H_H - h_B \leq 0,3$ ,

де  $H_H$  - відносна висота осьової лінії ЗПС на номінальній відстані місця розташування глісадних вогнів;

$h_B$  - висота вогнів (лінз) над рівнем осьової лінії ЗПС на номінальній відстані місця розташування глісадних вогнів.

Для проведення корекції по висоті вогнів (лінз) визначається поправка  $\Delta D_3$  рівна:

$$\Delta D_3 = \frac{H_H - h_B}{\text{tg}M},$$

де  $M = \beta - 00^\circ 02'$ ;  $\beta$  - кут встановлення вогню №2.

Скорегована відстань дорівнює:  $\Delta D'' = D'_H + \Delta D_3$ .

Поправка  $\Delta D_3$  повинна підсумовуватися зі своїм знаком.

#### **1.2.5. Зворотний контроль значення МЕНТ щодо сумарної помилки розрахунків.**

У всіх випадках результуюча відстань повинна забезпечувати запас висоти коліс шасі над порогом ЗПС, передбачений в табл. 5.2 розділ 5 том 1 [3].

### 1.1. Методика визначення електричної потужності кабельних ліній для електропостачання підсистем глісадних вогнів злітно-посадкової смуги

Електрична потужність кабельних ліній визначається для правильного вибору потужності регуляторів яскравості, що використовуються в системі харчування планерних вогнів, і їх оптимальної з техніко-економічної точки зору узгодження з потужністю кабельних ліній.

Значення ККД і еквівалентного коефіцієнта потужності розподільних трансформаторів вибираються відповідно до технічних умов та інструкцій з експлуатації відповідних розділових трансформаторів.

Для харчування підсистем планують ліхтарів з обох напрямків посадки може бути обрана схема з двома кабельними лініями або з однієї кабельною лінією з кожного напрямку посадки.

Номінальна поточне значення напруги живлення кабельної лінії укл (Б) визначається за загальною формулою:

$$U_{\text{кл}} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n N_i U_i + \Delta U_r\right)^2 + \Delta U_L^2},$$

де  $n_i$  – кількість груп ізолювальних трансформаторів відповідної номінальної потужності, шт.;

$N_i$  – кількість ізолювальних трансформаторів даної групи, шт.;

$U_i$  – діюче значення напруги на первинній обмотці ізолюючого трансформатора;

$\Delta U_r, \Delta U_L$  – утрати напруги на активному та індуктивному опорах сполучного кабелю відповідно, В.

Для загального випадку із застосуванням ізолювальних трансформаторів різних номінальних потужностей вищенаведена формула має наступний вид:

$$U_{\text{КЛ}} = \sqrt{(n_{65}U_{65} + n_{100}U_{100} + n_{200}U_{200} + n_{300}U_{300} + \Delta U_r)^2 + \Delta U_L^2},$$

де  $n_{65}, n_{100}, n_{200}, n_{300}$  – кількість ізолювальних трансформаторів, потужністю 65, 100, 200, 300 ВА відповідно, шт.;

$U_{65}, U_{100}, U_{200}, U_{300}$  – діючі значення напруги на первинних обмотках ізолювальних трансформаторів відповідної потужності, В.

У підсистемі глісадних вогнів використовуються ізолювальні трансформатори однієї номінальної потужності – 200 ВА.

Напруга  $U_I$  (В) на первинній обмотці ізолювального трансформатора відповідної потужності визначається за формулою:

$$U_I = \frac{S_{\text{IT}}}{I_{\text{КЛ}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta},$$

де  $S_{\text{IT}}$  – номінальна потужність ізолювального трансформатора, ВА;

$I_{\text{КЛ}}$  – номінальне діюче значення струму кабельної лінії, А;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії ізолювального трансформатора в номінальному режимі для відповідного значення опору навантаження;

$\cos\varphi$  – еквівалентний коефіцієнт потужності ізолювального трансформатора в номінальному режимі.

Втрати напруги  $\Delta U_r$  на активному опорі кабелю визначаються за формулою:

$$\Delta U_r = I_{\text{КЛ}} \cdot r_0 \cdot l,$$

де  $r_0$  – погонний активний опір високовольтного одножильного кабелю, що складає 2,91 Ом/км для кабелю перетином 6,0 мм<sup>2</sup> та 3,08 Ом/км для кабелю перетином 6,0мм<sup>2</sup>;

$l$  – довжина кабелю, км.

Втрати напруги  $\Delta U_L$  на індуктивному опорі високовольтного одножильного кабелю визначаються за формулою:

$$\Delta U_L = I_{\text{кЛ}} \cdot X_L \cdot l,$$

де  $X_L$  – погонний індуктивний опір кабелю, або з визначенням індуктивності кабелю і наступним визначенням  $\Delta U_L$  за формулою:

$$\Delta U_L = I_{\text{кЛ}} \cdot 2\pi f L_{\text{кЛ}},$$

де  $L_{\text{кЛ}}$  – індуктивність кабельної лінії;

$f$  – частота мережі.

Індуктивність кабельної лінії  $L_{\text{кЛ}}$  розраховується за загальновідомою формулою визначення зовнішньої індуктивності прямолінійного відрізка провіднику:

$$L_{\text{кЛ}} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left( \ln \frac{2l}{r_0} - 1 \right);$$

де  $\mu_0$  – магнітна константа, чисельне значення якої є:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Вб/м} \times \text{м/А}, \text{ або Гн/м.}$$

де  $l$  – довжина відрізка, м;

$r_0$  – радіус струмоведучої жили, м.

Підставляючи значення  $\mu_0$  у формулу для визначення індуктивності кабельної лінії остаточно отримаємо розрахункову формулу для визначення власної індуктивності кабельної лінії:

$$L_{кл} = 2l \left( \ln \frac{2l}{r_0} - 1 \right) \cdot 10^{-7}, \text{ Гн}$$

Необхідне значення повної потужності  $S_{ря}$ , (ВА), регулятора яскравості для електропостачання кабельної лінії розраховується за формулою:

$$S_{ря} = U_{кл} \cdot I_{кл}.$$

З огляду на те, що регулятор яскравості повинен мати запас по потужності, розрахункове значення потужності має бути збільшено на 10%.

## **1.2. Висновки**

1. В результаті аналізу нормативних та технічних документів цивільної авіації України та стандартів і вимог ІКАО сформульовані загальні положення і вимоги щодо розташування глиссируючих вогнів злітно-посадкової смуги.

2. За допомогою нормативно-технічних документів цивільної авіації України обгрунтовані вихідні дані, необхідні для визначення місця розташування підсистеми глиссируючих вогнів злітно-посадкової смуги.

3. На основі сформульованих положень і обраних вихідних даних розроблена методика з чітким алгоритмом визначення місцезнаходження підсистеми глиссируючих вогнів.

4. На основі нормативно-технічних документів цивільної авіації України розроблена методика визначення електричної потужності кабельних ліній для живлення підсистем планують вогнів ШЗПС.



## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНОК МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОЇ ІНДИКАЦІЇ ГЛІСАДИ ТИПУ PAR1 ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДСИСТЕМ ГЛІСАДНИХ ВОГНІВ

#### 2.1. Вихідні дані для розрахунку місця розташування системи візуальної індикації глісади типу PAR1

Для розрахунку використані наступні вихідні дані:

- кут нахилу глісади  $\theta = 2^{\circ}40'$ ;
- опорна висота ILS (опорна точка ILS)  $H=16,2$  м на ШЗПС МК -18°;
- опорна висота ILS (опорна точка ILS)  $H=15,6$  м на ШЗПС МК -198°;

Дані по найбільш критичних ПС, що використовують аеродром:

Ан-124:	- відстань від рівня очей пілота до рівня коліс	$H1 = 8,85$ м;
	- відстань від рівня очей пілота до антени ILS	$H2 = 5,5$ м;
А-310-300:	- відстань від рівня очей пілота до рівня коліс	$H1 = 9,08$ м;
	- відстань від рівня очей пілота до антени ILS	$H2 = 2,77$ м;
В-737-400:	- відстань від рівня очей пілота до рівня коліс	$H1 = 5,82$ м;
	- відстань від рівня очей пілота до антени ILS	$H2 = 0,24$ м;
А-320:	- відстань від рівня очей пілота до рівня коліс	$H1 = 7,10$ м;
	- відстань від рівня очей пілота до антени ILS	$H2 = 1,83$ м;
DC-9-50:	- відстань від рівня очей пілота до рівня коліс	$H1 = 7,04$ м;
	- відстань від рівня очей пілота до антени ILS	$H2 = 1,67$ м;
Іл-76ТД:	- відстань від рівня очей пілота до рівня коліс	$H1 = 7,25$ м;

- відстань від рівня очей пілота до антени ILS  $H_2 = 2,04$  м;

Таблиця 2.1

Дані по запасу висоти коліс шасі над порогом ЗПС [3]

Тип ПС	Бажаний запас висоти коліс шасі над порогом ЗПС	Мінімальний запас висоти коліс шасі над порогом ЗПС
Ан-124	9 м	6 м
А-310-300	9 м	6 м
В 737-400	9 м	5 м
А-320	9 м	5 м
DC 9-50	9 м	5 м
Іл-76 ТД	9 м	5 м

**2.2. Розрахунок місця розташування системи візуальної індикації глісади типу РАРІ на злітно-посадковій смузі з магнітного курсу  $18^\circ$  з ILS**

**2.2.1. Розташування опорної точки ILS та мінімальна висота очей пілота над порогом злітно-посадкової смуги (МЕНТ).**

Позиційні дані місця розташування та встановлення обладнання ILS визначають висоту глісади ILS відносно порогу ШЗПС.

Враховуючи вихідні дані маємо наступне:

1) Ефективний початок глісади ILS для однорівневої ЗПС (тобто ЗПС з пласкою поверхнею) складає:

$$D = H \times \operatorname{ctg} \theta = 16,2 \times \operatorname{ctg} 2^\circ 40' = 16,2 \times 21,47 = 347,81 \text{ м від порогу ШЗПС.}$$

2) Середня відстань по вертикалі між рівнем очей пілота та антеною повітряних суден, що використовують аеродром складає 2,34 м.

3) Номінальне місце розташування вогнів РАРІ з урахуванням попереднього пункту складає:

$$D_H = (H + H_2c) \times \text{ctg}\theta = (16,2 + 2,34) \times \text{ctg}2^\circ40' = 18,54 \times 21,47 = 398,05 \text{ м}$$

4) МЕНТ (найменша висота з якої пілот, що знаходиться над порогом ШЗПС бачить індикацію вогнів РАРІ "на глісаді" два білих два червоних).

Для досягнення кращої узгодженості з ILS сектор "на курсі" збільшується до 30', що визначає кут встановлення вогню №2 2°25'. Значення кута М таким чином становить 2°23'.

$$\text{МЕНТ} = D_H \times \text{tg}2^\circ23' = 398,05 \times \text{tg}2^\circ23' = 398,05 \times 0,0416 = 16,55 \text{ м.}$$

**2.2.2. Перевірка запасу висоти коліс шасі над порогом злітно-посадкової смуги.**

Від рівня очей пілота до рівня коліс шасі:

АН-124 -8,85 м;            А-310-300 – 9,08 м;

В 737-400 – 5,82 м;        А 320 – 7,10 м;

БС 9-50 - 7,04 м;        Іл-76 ТД - 7,25 м.

**2.2.4. Коректування місця розташування системи візуальної індикації глісади типу РАРІ в відношенні висоти лінз.**

Приймається, що висота центру лінз над рівнем поверхні ШЗПС повинна бути рівною 0,3 м.

Перемістити РАРІ по напрямленню до порога ШЗПС:

$$0,3 \times \text{ctg} 2^\circ23' = 7,2 \text{ м.}$$

**Остаточне місце розташування РАРІ:**

$$325,95 - 7,2 = 318,75 \text{ м. Приймається } 319 \text{ м.}$$

Відносна висота на відстані 319 м - 106,47 м.

**2.2.5. Зворотна перевірка МЕНТ в відношенні сумарної помилки.**

$$\text{МЕНТ} = 319 \times \text{tg} 2^\circ23' + (106,47 - 103,43) + 0,3 = 16,61 \text{ м.}$$

## Докладне обстеження МК 02

Магнітний курс 18°	
Відстань від порога ШЗПС (м)	Відносна висота (м)
268,1	106,15
278,1	106,21
288,1	106,27
298,1	106,34
308,1	106,4
318,1	106,47
328,1	106,53
338,1	106,59

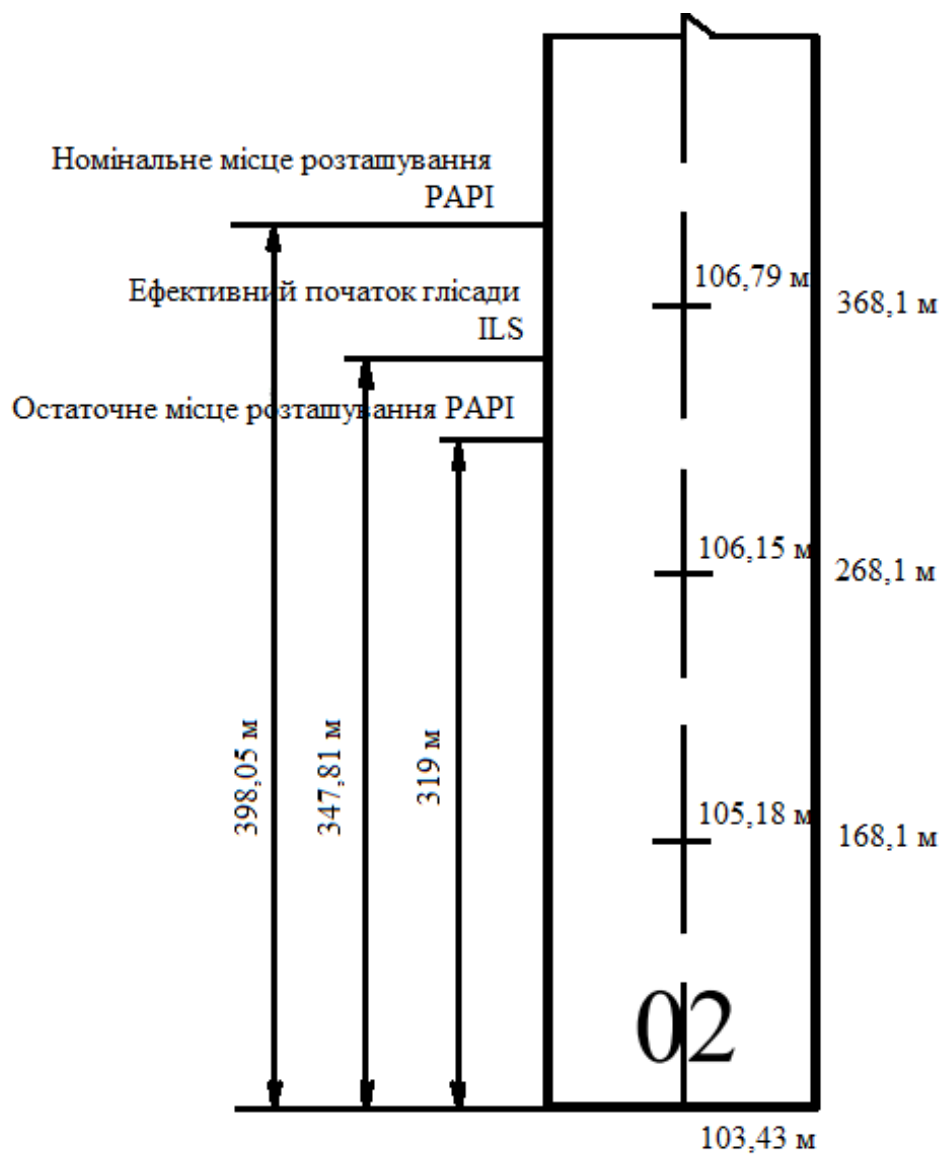


Рис. 2.1 Дані обстеження МК -18°

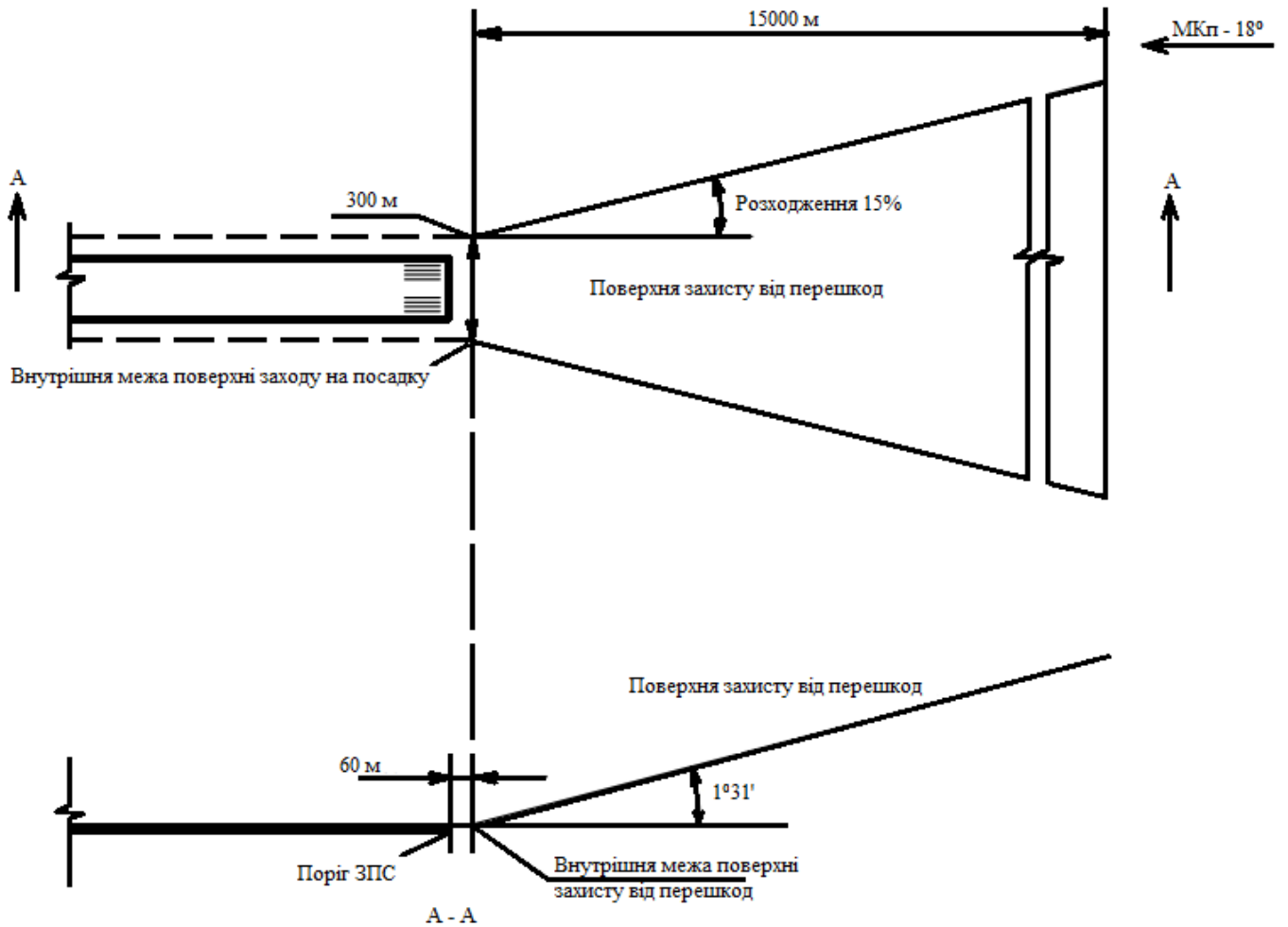


Рис. 2.2 Поверхня захисту від перешкод для системи візуальної індикації глісади з МК -18°

**Розміри та нахил поверхні захисту від перешкод:**

Довжина внутрішньої межі поверхні захисту від перешкод – 300 м.

Відстань від порога ШЗПС – 60 м.

Розходження в кожен бік – 15%.

Загальна довжина – 15000 м.

Нахил - 1°31'.

## 2.3. Розрахунок місця розташування системи візуальної індикації глісади типу PAPI на злітно-посадковій смузі з магнітного курсу 198° з ILS

### 2.3.1. Розташування опорної точки ILS та мінімальна висота очей пілота над порогом злітно-посадкової смуги (МЕНТ).

Позиційні дані місця розташування та встановлення обладнання ILS визначають висоту глісади ILS відносно порогу ШЗПС.

Враховуючи вихідні дані маємо наступне:

1. Ефективний початок глісади ILS для однорівневої ЗПС (тобто ЗПС з пласкою поверхнею) складає:

$$D = H \times \operatorname{ctg}\theta = 15,6 \times \operatorname{ctg}2^{\circ}40' = 15,6 \times 21,47 = 334,93 \text{ м від порогу ШЗПС.}$$

2. Середня відстань по вертикалі між рівнем очей пілота та антеною повітряних суден, що використовують аеродром складає 2,34 м.

3. Номінальне місце розташування вогнів PAPI з урахуванням попереднього пункту складає:

$$D_H = (H + H_2c) \times \operatorname{ctg}\theta = (15,6 + 2,34) \times \operatorname{ctg}2^{\circ}40' = 17,94 \times 21,47 = 385,17 \text{ м}$$

4. МЕНТ (найменша висота з якої пілот, що знаходиться над порогом ШЗПС бачить індикацію вогнів PAPI "на глісаді" два білих два червоних).

Для досягнення кращої узгодженості з ILS сектор "на курсі" збільшується до 30', що визначає кут встановлення вогню №2 2°25'. Значення кута М таким чином становить 2°23'.

$$\text{МЕНТ} = D_H \times \operatorname{tg}2^{\circ}23' = 385,17 \times \operatorname{tg}2^{\circ}23' = 385,17 \times 0,0416 = 16,02 \text{ м.}$$

### 2.3.2. Перевірка запасу висоти коліс шасі над порогом злітно-посадкової смуги.

Від рівня очей пілота до рівня коліс шасі:

АН-124 -8,85 м,            А-310-300 – 9,08 м,

В 737-400 – 5,82 м, А 320 – 7,10 м,

БС 9-50 - 7,04 м, Іл-76 ТД - 7,25 м.

**Згідно табл. 2.1:**

Для Ан-124 - запас висоти коліс шасі над порогом ШЗПС гірше ніж бажаний, але більше мінімального запасу, що є допустимим  $16,02 - 8,85 = 7,17$  м.

Для А-310-300 - запас висоти коліс шасі над порогом ШЗПС гірше ніж бажаний, але більше мінімального запасу, що є допустимим  $16,02 - 9,08 = 6,94$  м.

Для В 737-400 - запас висоти коліс шасі над порогом ШЗПС краще ніж бажаний і становить  $16,02 - 5,82 = 10,2$  м.

Для А-320 - запас висоти коліс шасі над порогом ШЗПС майже як бажаний і становить  $16,02 - 7,10 = 8,92$  м.

Для DC 9-50 - запас висоти коліс шасі над порогом ШЗПС майже як бажаний і становить  $16,02 - 7,04 = 8,98$  м.

Для Іл -76 ТД - запас висоти коліс шасі над порогом ШЗПС майже як бажаний і становить  $16,02 - 7,25 = 8,77$  м.

**2.3.3. Коректування номінального місця розташування системи візуальної індикації глісади типу РАРІ при зміні відносної висоти над землею за даними обстеження.**

Відносна висота на відстані 385,17 м - 111,91 м;

Відносна висота порога ШЗПС - 113,64 м;

Різниця - (+)1,73 м.

Різниця перевищує 0,3 м вказане місце розташування потребує подальшого уточнення. Таким чином вогні РАРІ необхідно перемістити від порога ЗПС на відстань:  $1,73 \times \text{ctg}2^\circ 23' = 1,73 \times 24,03 = 41,57$  м.

Змінене місце розташування вогнів РАРІ складає:  $385,17 + 41,57 = 426,74$  м.

Кути встановлення вогнів РАРІ: №1-  $2^\circ 05'$ , №2-  $2^\circ 25'$ , №3-  $2^\circ 55'$ , №4 -  $3^\circ 15'$ .

**Перевірка відносних висот:**

Відносна висота на відстані 385,17 м - 111,91 м;

Відносна висота на відстані 426,77 м - 111,71 м;



Різниця - (+)0,2 м.

Різниця не перевищує 0,3 м вказане місце розташування не потребує подальшого уточнення.

#### **2.3.4. Коректування місця розташування системи візуальної індикації глісади типу РАРІ в відношенні висоти лінз.**

Приймається, що висота центру лінз над рівнем поверхні ШЗПС повинна бути рівною 0,3 м.

Перемістити РАРІ по напрямленню до порога ШЗПС:

$$0,3 \times \text{ctg } 2^{\circ}23' = 7,2 \text{ м.}$$

#### **Остаточне місце розташування РАРІ:**

$426,77 - 7,2 = 419,57$  м. Приймається 400 м з урахуванням розташування РД-3.

Відносна висота на відстані 400 м - 111,84 м.

#### **2.3.5. Зворотна перевірка МЕНТ в відношенні сумарної помилки.**

$$\text{МЕНТ} = 400 \times \text{tg } 2^{\circ}23' + (111,84 - 113,64) + 0,3 = 15,14 \text{ м.}$$

Таблиця 2.3

#### Докладне обстеження МК 20

Магнітний курс $198^{\circ}$	
Відстань від порога ШЗПС (м)	Відносна висота (м)
363,3	112,01
373,3	111,96
383,3	111,92
393,3	111,87
403,3	111,82
413,3	111,77
423,3	111,72
433,3	111,68

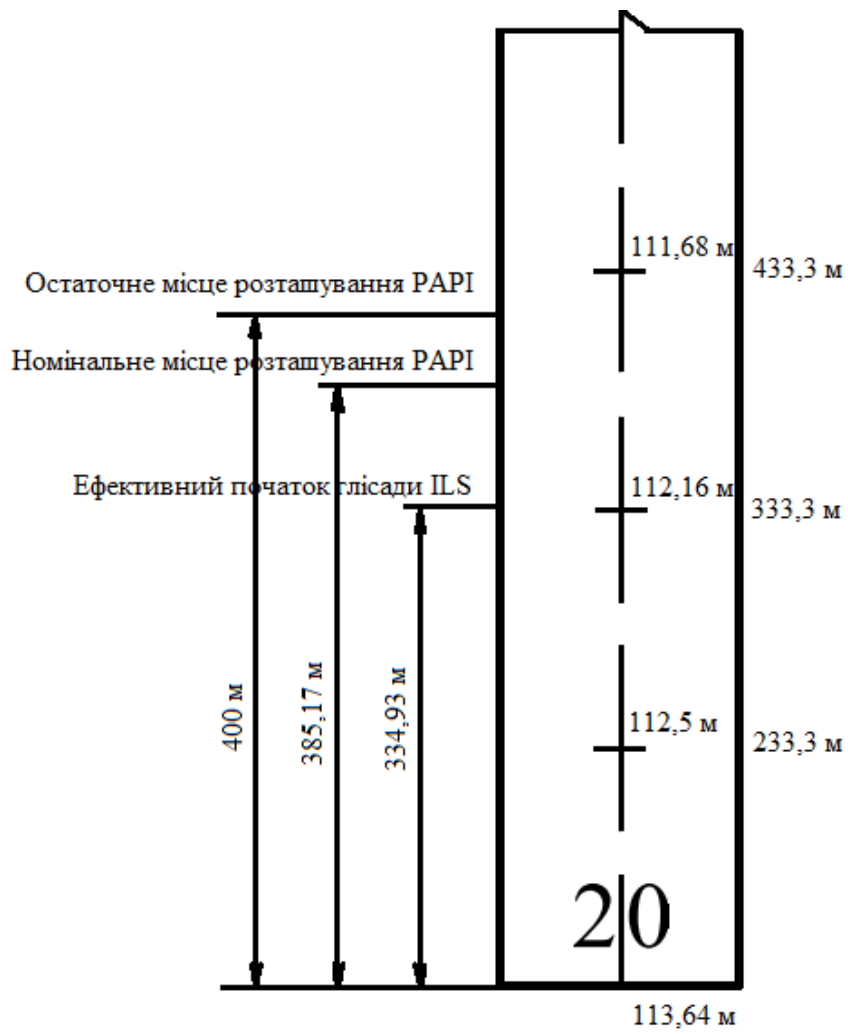


Рис. 2.3 Дані обстеження МК -198°

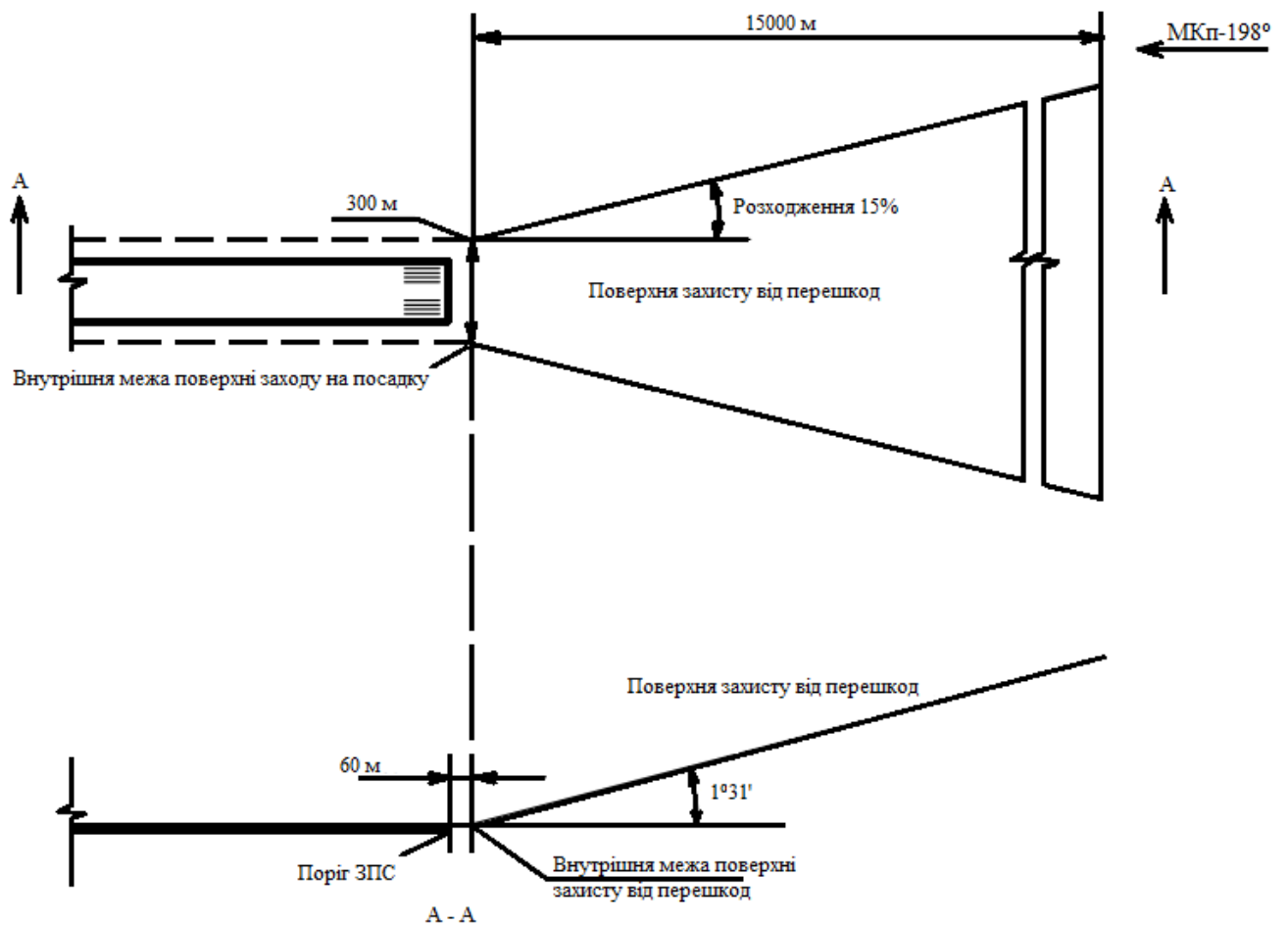


Рис. 2.4 Поверхня захисту від перешкод для системи візуальної індикації глісади з МК -198°

**Розміри та нахил поверхні захисту від перешкод:**

Довжина внутрішньої межі поверхні захисту від перешкод – 300 м.

Відстань від порога ШЗПС – 60 м.

Розходження в кожен бік – 15%.

Загальна довжина – 15000 м.

Нахил - 1°31'.

## 2.4. Вихідні дані для визначення потужності кабельних ліній підсистем аеродромних вогнів та вибору регуляторів яскравості

Вихідні дані для визначення потужності кабельних ліній підсистем аеродромних вогнів і вибору регуляторів яскравості представлені в таблиці. 2.4. Планують ліхтарі будуть встановлені за стандартом - з лівого боку СЗПС при заході на посадку з обох магнітних курсів.

Таблиця 2.4

Вихідні дані для розрахунку потужності кабельних ліній підсистем глісадних вогнів з обох напрямків посадки

№	Підсистема	Кабельна лінія	Кількість вогнів	Ізолювальні трансформатори	Номінальний струм РЯ	Тип і номінальна потужність РЯ
1	РАРІ МК-18°	СНАУ* 1300 м	8 штук по 200 Вт	КР 551.ЕТ 0,2 кВА; 8,3/6,6 А; ККД = 0,9; $\cos\varphi = 0,97$ .	8,3 А	ZKPT-7(або ін.)
	Фідер № 1, приміщення ТП-7					3,0 кВА
2	РАРІ МК-198°	СНАУ* 1450 м	8 штук по 200 Вт	КР 551.ЕТ 0,2 кВА; 8,3/6,6 А; ККД = 0,9; $\cos\varphi = 0,97$ .	8,3 А	ZKPT-7(або ін.)
	Фідер № 2, приміщення ТП-7					3,0 кВА

Для харчування підсистеми планарних ліхтарів з обох напрямків посадки використовується з'єднувальний високовольтний одножильний кабель типу ЧАУ \*, 1,0□6,0 мм 2, 5,0 кВ, перерізом 6,0 мм 2, використовується активний активний опір

3,08 Ом / км при температурі 20 ° С і типу розділових трансформаторів

KR 551.ET Номінальна електрична потужність 0,2 кВА, номінальний первинний струм 8,3 А і номінальний вторинний струм 6,6 А. ККД і еквівалентний коефіцієнт потужності розділового трансформатора для номінального режиму складають: 0,9 і 0,97 відповідно. .

У приміщенні трансформаторної підстанції (ТП) - ТП-7 заплановано розміщення регуляторів яскравості харчування підсистеми планарних вогнів СЗПС з обох напрямків посадки.

Довжина кабельної лінії від ТП-7 до глиссируючих ліхтарів ШЗПС, встановлених з МКпос.-18° для штатної компоновки глиссируючих ліхтарів ШЗПС - зліва, становить 1300 м..

Як приклад були виконані розрахунки для світлосигнального обладнання виробництва компанії ELTODO. При використанні устаткування іншого виробника, що має сертифікат України, принципових змін не буде, замість цього автори залишають за собою право вносити конкретні коригування в комплект технічної документації відповідно до технічними характеристиками світлотехніки конкретного виробника. .

2.5. Розрахунки потужності кабельних ліній підсистем глісади злітно-посадкової смуги.

Для харчування кабельних ліній в підсистемах регуляторів яскравості планують вогнів типу ЗКПТ-7 або регуляторів яскравості інших виробників номінальною потужністю не менше 3,0 кВА, номінальним вихідним струмом 8,3 А, номінальним робочим значенням струму, споживаного від застосовується виробнича мережа 10,4. І номінальне значення напруги 380В, 50 Гц.

Регулятори яскравості типу ЗКПТ-7 в кількості 1 шт. для кожного напрямку посадки встановлюються в приміщенні ТП-7 і підключаються до щитів гарантованого електропостачання через автоматичні вимикачі - 20,0 А.

1) Розрахунок напруги на первинній обмотці ізолюючого трансформатора:

$$U_{\text{ПТ}} = \frac{S_{\text{НОМПТ}}}{\eta \times \cos\varphi \times I_1} = \frac{200}{0,9 \times 0,97 \times 8,3} = 27,6 \text{ (В)};$$

2) Втрати напруги на активному опорі в обох фідерах:

$$\Delta U_{\text{R}} = I_{\text{КЛ}} \times R_{\text{КЛ}} = I_{\text{КЛ}} \times r_0 \times l_0;$$

$$\Delta U_{\text{R}1} = 8,3 \times 3,08 \times 1,3 = 33,233 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{R}2} = 8,3 \times 3,08 \times 1,45 = 37,068 \text{ (В)};$$

3) Розрахунок індуктивності кабельних ліній:

Оскільки площа перерізу провідника 6 мм<sup>2</sup>, то  $\pi R_0^2 = 6 \Rightarrow R_0 = 1,382 \text{ мм}$

$$L_{\text{К}} = 2l \left( \ln \frac{2l}{R_0} - 1 \right) 10^{-7};$$

$$L_{\text{К}1} = 2 \times 1300 \left( \ln \frac{2 \times 1300}{0,001382} - 1 \right) 10^{-7} = 3,496 \times 10^{-3} \text{ (Гн)};$$

$$L_{\text{К}2} = 2 \times 1450 \left( \ln \frac{2 \times 1450}{0,001382} - 1 \right) 10^{-7} = 3,931 \times 10^{-3} \text{ (Гн)};$$

4) Розрахунок втрат на індуктивному опорі кабельних ліній:

$$\Delta U_{\text{XL}} = I_{\text{КЛ}} 2\pi f L_{\text{К}};$$

$$\Delta U_{XL1} = 8,3 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 3,496 \times 10^{-3} = 9,116 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{XL2} = 8,3 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 3,931 \times 10^{-3} = 10,245 \text{ (В)};$$

5) Розрахунок напруги, необхідної для живлення КЛ:

$$U_{КЛ} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n N_i U_i + \Delta U_R\right)^2 + \Delta U_{XL}^2};$$

$$U_{КЛ1} = \sqrt{(8 \times 27,6 + 33,233)^2 + 9,116^2} = 254,197 \text{ (В)};$$

$$U_{КЛ2} = \sqrt{(8 \times 27,6 + 37,068)^2 + 10,245^2} = 258,071 \text{ (В)};$$

б) Розрахунок потужності КЛ:

$$S_{КЛ} = U_{КЛ} \times I_{КЛ};$$

$$S_{КЛ1} = 254,197 \times 8,3 = 2110 \text{ (ВА)};$$

$$S_{КЛ2} = 258,071 \times 8,3 = 2142 \text{ (ВА)};$$

7) Розрахунок потужності регуляторів яскравості:

$$S_{РЯ} = 1,1 \times S_{КЛ};$$

$$S_{РЯ1} = 1,1 \times 2110 = 2321 \text{ (ВА)};$$

$$S_{РЯ2} = 1,1 \times 2142 = 2356 \text{ (ВА)};$$

Результати розрахунків потужності кабельних ліній підсистеми глісадних  
вогнів ШЗПС

Результати розрахунків потужності кабельних ліній	РАРІ, МК.-18°, фідер № 1, приміщення ТП-7, «ліворуч»	РАРІ, МК.-198°, фідер № 1, приміщення ТП-7, «ліворуч»
Радіус струмоведучої жили кабелю, м	0,001382	0,001382
Номінальний струм кабельної лінії, А	8,3	8,3
Погонний активний опір кабелю, Ом/м	0,00308	0,00308
Індуктивність кабелю, Гн	0,003496	0,003931
Індуктивний опір кабелю, Ом	1,098	0,564
Напруга на ізолювальному трансформаторі потужністю 200,0 ВА, В	27,60	27,60
Втрати напруги на активному опорі, Ра <sub>акт.</sub> , В	33,233	37,068
Втрати напруги на індуктивному опорі, Х <sub>інд.</sub> , В	9,116	10,245
Вихідна напруга регулятора яскравості, В	254,197	258,071
Потужність РЯ, з 10% запасом, ВА	2321	2356

2.5. На ТП-7 доцільно передбачити один резервний регулятор яскравості відповідної потужності, на обидва напрямки посадки, хоча з позицій забезпечення надійності підсистеми глиссируючих ліхтарів ШЗПС такої необхідності немає.

2.6. При використанні розділових трансформаторів потужністю 0,2 кВА з номінальним струмом первинної обмотки 6,6 А можна використовувати ті ж регулятори яскравості для харчування планерів ШЗПС після їх відповідного перетворення на номінальний струм 6,6 А.



## **Висновки**

1. На підставі сформульованих положень і вихідних даних аеропорту «Івано-Франківськ» проведено розрахунок місцеположення системи RARI на ШЗПС МК-18 і МК-198 з ІЛС.

2. На підставі нормативно-технічних документів цивільної авіації України та аеропорту «Івано-Франківськ» встановлені вихідні дані для визначення потужності кабельних ліній підсистем аеродромних вогнів і вибору регуляторів яскравості.

3. На підставі сформульованих вихідних даних розрахована потужність кабельних ліній підсистем глісади ШЗПС для обох магнітних курсів і обрані регулятори яскравості.

## РОЗДІЛ 3

### ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПІДСИСТЕМ АЕРОДРОМНИХ ГЛІСАДНИХ ВОГНІВ ТИПУ PAPI

#### 3.1. Актуальність визначення показників надійності

У складних метеорологічних умовах (БМУ) система світлової сигналізації аеродрому (ССА) є єдиним джерелом візуальної інформації для екіпажу повітряного судна (ПС) на найважливішому етапі польоту - етапі візуального пілотування. За статистикою близько 60% авіаційних подій відбувається на етапі візуального пілотування через втрату орієнтації екіпажу літака. Таким чином, робочий стан ССА є необхідною умовою забезпечення нормованих рівнів безпеки і регулярності польотів на аеродромах цивільної авіації (КА) на етапі візуального пілотування в СМУ вдень і вночі.

Проблема надійності SSA існує на всіх етапах його життєвого циклу: проектування, виробництво, сертифікація і експлуатація. На всіх цих етапах необхідно сформулювати вимоги до надійності SSA і його елементів і визначити їх відповідність цим вимогам.

Огляд літератури та аналіз нормативно-технічної документації України, стандартів і рекомендацій ІКАО показав, що в даний час відсутні опис надійності SSA і його підсистем (PSSA), критерії їх стану, номенклатура показників надійності і їх нормовані, чисельні значення, затверджені методики визначення надійності SSA і оцінки її впливу на рівень безпеки польотів в SMU. Це унеможливило визначення оцінки, стандартизації та управління надійністю SSA на етапах його проектування, сертифікації та експлуатації.

В даний час в більшості аеропортів України ССА експлуатуються поза гарантійного терміну служби. Відсутність методів визначення і стандартизації

показників надійності SSA унеможливилює кількісну оцінку впливу надійності SSA на рівень безпеки польотів, ускладнює сертифікацію вітчизняних та імпортованих SSA, продовження терміну служби SSA з урахуванням їх показників надійності.

Практичне застосування методів оцінки надійності SSA і оцінка її впливу на рівень безпеки польотів дозволить визначити оптимальні стратегії технічного обслуговування і ремонту SSA з урахуванням індивідуальних характеристик аеродрому і, при необхідності, розробити заходи щодо його підвищення надійності до рівня, що забезпечує стандартну безпеку польоту. на етапі візуального пілотування в СМУ.

### 3.2. Аналіз підсистеми електропостачання аеродрому і підсистеми аеродромних вогнів з точки зору надійності

Залежно від типу підсистеми SSA і її категорії PEAV може включати в себе одну або кілька кабельних ліній. Кабельна лінія (КЛ) - це послідовна електричний ланцюг, що складається з початкових обмоток ізолюючих трансформаторів і кабелю, призначеного для передачі електричної енергії від диммера на вогні аеродрому. В майбутньому вважається, що кабельна лінія також включає регулятор яскравості.

Відповідно до наведеного вище визначення, до складу КЛ входять наступні елементи:

- 1) Регулювання яскравості (BRI);
- 2) Кабель;
- 3) Розділові трансформатори (IT).

Регулятор яскравості використовується для управління струмом CL і відповідною силою світла вогнів аеродрому. Розділові трансформатори перетворюють

діючі в кабельній мережі напруга і струм в значення, необхідні для харчування аеродромного джерела світла, а також забезпечують відсутність виходу з ладу кабельної лінії в разі відмови відповідного аеродромного пожежі. Кабель з'єднує розділові трансформатори в послідовну електричну ланцюг, вхідні клеми якої підключені до регулятора яскравості. Надійно-функціональна схема кабельної лінії представлена на рис. 3.1.

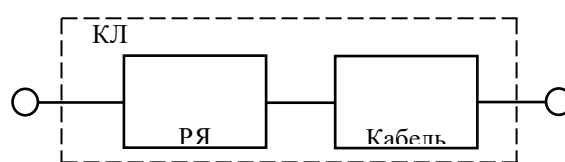


Рис. 3.1 Надійнісно-функціональна схема кабельної лінії

Як видно з рис. 3.1, вихід з ладу ОК або відмову кабелю типу «обрив» призводить до виходу з ладу кабельної лінії. Таким чином, розглянуті елементи з точки зору надійності з'єднані послідовно. До складу НФС кабельної лінії не належать такі елементи, як розділові трансформатори. Це пов'язано з тим, що за оперативною статистикою відмов елементів ССА відмова первинної обмотки розділових трансформаторів настільки рідкісна подія, що їм можна знехтувати (чого не можна сказати про вихід з ладу вторинної обмотки.). Надалі вважається, що всі відмови розділових трансформаторів відбуваються виключно через вихід з ладу його вторинної обмотки.

У загальному випадку PEAV підсистеми SSA може включати в себе один, два або три CL, але в кожному разі критерій відмови PEAV формулюється так: відмова одного з CL призводить до відмови PEAV. Тому вважається, що CL в PEAV з'єднані послідовно з точки зору надійності.

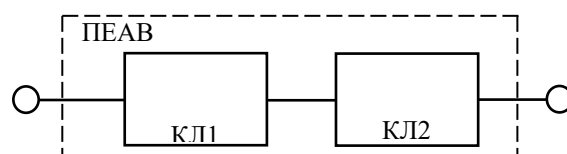


Рис. 3.2 Надійнісно-функціональна схема (послідовна) PEAV з двома КЛ

При використанні за призначенням PEAV є відновлюваної системою. Інформація про відмову будь-якого повітряного судна негайно відправляється диспетчеру, і, якщо це призводить до відмови підсистеми SSA і SSA в цілому, повітряному судну дається вказівка вийти на друге коло або запасний аеродром, і починається відновлення після збою Підсистема SSA. По його завершенні підсистема SSA і SSA в цілому переходить в робочий стан, і політ триває.

Підсистема аеродромних вогнів являє собою сукупність елементів - аеродромних вогнів, розташованих на території аеродрому за певною схемою. Аеродромний пожежний, в свою чергу, сам складається з таких елементів, як джерело світла, оптична система і пожежна арматура (для спрощення розрахунків вважатимемо її абсолютно надійною). Надійно-функціональна схема АВ представлена на рис. 3.3.

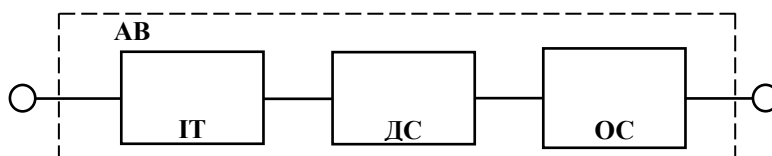


Рис. 3.3 Структурна схема надійності аеродромного вогню

Як видно з малюнка, вихід з ладу будь-якого елемента аеродромного вогню призводить до його виходу з ладу в цілому. Таким чином, всі елементи аеродромного пожежі з'єднані по надійності послідовно. Розділовий трансформатор (точніше його вторинна обмотка) відноситься до АПС аеродромного пожежі. Це пов'язано з тим, що згідно оперативної статистики відмов елементів ССА найчастіше виходить з ладу вторинна обмотка ізолюючого трансформатора, що призводить до виходу з ладу аеродромного пожежі, що подається електрикою через ізолюючий трансформатор, який не вдалося.

Підсистема аеродромних вогнів являє собою складну систему з великою кількістю елементів, які резервують один одного. У діючих нормах України немає конкретних критеріїв відмови підсистеми SSA. Визначення та обґрунтування цих

критеріїв - серйозна наукова задача, яку необхідно вирішити в даній дипломній роботі.

При використанні за прямим призначенням підсистема аеродромних вогнів вважається невідновні системою, тому що при відсутності систем автоматичного управління аеродромними вогнями збої на аеродромі не можуть бути виявлені негайно, і тому підсистема не може бути визначена і, при необхідності, відремонтована. .

Таким чином, підсистема SSA на заданий інтервал часу являє собою складну багатоелементними систему, що складається з двох підсистем: поновлюваного ПАР і невідновлюваної ПАР. Однак у випадках, коли використання SSA не потрібно, це повністю контролювана, яку обслуговує і відновлювана система. Перед використанням SSA за прямим призначенням всі його елементи повинні бути приведені в справний або робочий стан службою електричного освітлення польоту.

### 3.2. Загальні положення про надійність підсистеми глиссируючих вогнів

Підсистема глиссируючих вогнів злітно-посадкової смуги призначена для візуальної індикації глісади планування (ПЛ) льотчика літака на етапі візуального пілотування при заході на посадку в простих і складних метеорологічних умовах.

Нормативно-технічні документи Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) «Doc 9157 AN / 901 Керівництво з проектування аеродромів. Частина 4. «Візуальні засоби» особливо підкреслюють важливість підсистеми планування вогнів, п. 1.4.38. «Найважливішими наочними засобами є системи візуальної індикації глісади. У зонах багатьох аеропортів, які не мають системи візуального відображення глісади, особливо там, де посадки виробляються над водою або бездоріжжям, пілоти стикаються з серйозними труднощами. "

В даний час, відповідно до стандартів і практикою, рекомендованими ІКАО, а також вимогами п. 8.2.4.1., Примітки 1 «СО САУ», підсистема ковзають вогнів ШЗПС обов'язкове з 1 січня 2008 року для використання на міжнародних аеропортах України, а з 1 січня 2010 року в усіх цивільних аеропортах України.

Правильне функціонування глиссируючих ліхтарів в процесі експлуатації визначається правильним вибором їх типу і конструкції.

Згідно «Керівництва з проектування аеродромів Doc 9157 AN / 901. Частина 4.« Наочні посібники », с. 17.3.5.: «Невід'ємною частиною будь-якого проекту має бути достовірне підтвердження ступеня працездатності системи» При проектуванні підсистеми ковзають вогнів необхідно визначити надійність підсистеми пілотування.

При створенні проекту підсистеми ковзають ліхтарів ШЗПС виникають дві основні проблеми:

1. Перша проблема - розробити систему харчування планерних вогнів, а саме кількість кабельних ліній для живлення підсистеми: чи доцільно живити підсистему по двох кабельних лініях або достатньо однієї? Проблема в тому, що стандарти ІКАО вимагають електроживлення всіх підсистем вогнів, в тому числі глісади, на двох і більше кабельних лініях, дозволено нормативно-технічним документом ЦА України - «СО ЦАУ» згідно п. 8.2.7.5. здійснювати харчування планерів по одній кабельній лінії.

2. Друга проблема полягає в тому, що згідно зі стандартами ІКАО, як зазначалося вище, кожен проект повинен супроводжуватися розрахунком надійності для підтвердження того, що спроектована підсистема не знижує рівень надійності SSA і, відповідно, рівень безпеки польотів. .

Очевидно, що рішення обох задач неможливо без визначення надійності підсистеми планерних вогнів СЗПС і оцінки їх впливу на рівень безпеки польоту на етапі візуального пілотування.

### 3.2. Критерії відмови підсистеми подпространственних вогнів

Визначення надійності підсистеми планують вогнів, як і будь-якої технічної системи, неможливо без формулювання і наукового обґрунтування критеріїв несправності пункту 17.3.7. «Дос 9157 Керівництво з проектування аеродромів AN / 901. Частина 4. Візуальні засоби». Таким чином, виникає проблема формулювання критеріїв відмови підсистеми планерних вогнів ШЗПС, а також визначення та оцінки її надійності.

Критерії відмови підсистеми планують вогнів означають особливість або набір характеристик, які характеризують зумовити підсистеми.

У нормативно-технічних документах цивільної авіації України, стандартах ІКАО відсутні критерії виходу з ладу підсистеми планують вогнів ШЗПС. Аналіз літератури в області візуальних засобів забезпечення глісади також показав відсутність критеріїв відмови не тільки підсистеми вогнів глісади, а й критеріїв відмови одиночного вогню глісади.

Наукове обґрунтування критерію відмови підсистеми планерних вогнів передбачено при розробці Інструкції щодо застосування системи світлової сигналізації аеродрому при виході з ладу окремих її елементів. Критерії відмов сформульовані з урахуванням особливостей підсистеми глиссирующих вогнів.

Першою особливістю підсистеми планерних вогнів PARI є те, що в ній всього чотири вогню, відмова будь-якого з вогнів призводить не тільки до зникнення візуального наведення на плануючому літаку, але, навпаки, до дезінформації екіпажу літака про номінальному планованому. ковзання.

Друга особливість підсистеми планерних вогнів полягає в тому, що вона ніяким чином в інформаційному плані не зарезервована за іншими підсистемами аеродромних вогнів системи світлової сигналізації. Звідси випливає, що вихід з ладу



підсистеми планерного вогню прямо і негативно позначається на рівні безпеки польоту на етапі візуального пілотування.

Таким чином, виходячи з принципу роботи підсистеми глиссируючих вогнів типу Папі, формулювання її критерію відмови не викликає ускладнень - відмова підсистеми відбувається при виході з ладу будь-якого з чотирьох вогнів флангового горизонту. . Адже в цьому випадку втрачається інформативність підсистеми і пілот може невірно витлумачити інформацію про планування глісади, що призведе до його помилкових дій.

У складі кожного вогню флангового горизонту встановлено не менше двох джерел світла, які працюють в режимі зарядженого резерву, тобто дублюючого. Цей факт можна логічно пояснити, виходячи з двох припущень:

1. Сила світла під час пожежі з одним джерелом світла недостатня для створення необхідного світлового сигналу, тому два джерела світла є необхідною умовою для ведення окремого вогню на бічному горизонті.

2. Сила світла під час пожежі з одним джерелом світла достатня для створення необхідного інформаційного світлового сигналу, а дублювання джерел світла в осередку пожежі і ізольовані трансформатори є необхідною умовою для забезпечення надійності одиночного флангового горизонтального пожежі.

Виходячи з цих двох припущень, можна виділити два можливих критерію критерію відмови одного вогню флангового горизонту в підсистемі глиссируючих вогнів:

1. Вихід з ладу одного вогню флангового горизонту відбувається при виході з ладу хоча б одного з двох джерел світла.

2. Вихід з ладу одного флангового горизонту вогню відбувається при виході з ладу обох джерел світла.

Перше припущення малоімовірне, оскільки можна замість двох джерел світла потужністю 200 Вт встановити одне джерело світла потужністю

400 Вт при такій же середньому наробітку на відмову. В цьому випадку скорострільність буде майже вдвічі вище, ніж в разі двох джерел світла.

Однак цей варіант необхідно випробувати, тому що в разі виходу з ладу одного з джерел світла інтенсивність вогню знижується майже вдвічі, тому ця пожежа буде спостерігатися пілотом літака гірше, ніж три інших. вогні бокового горизонту. У складних метеоумовах (експлуатаційний мінімум аеродрому I категорії) сила світла одного з вогнів бокового горизонту при відмовив джерелі світла може бути недостатньою для забезпечення інформативності підсистеми глиссируючих вогнів ШЗПС, тобто відмова одного будь-якого джерела світла. при пожежі призведе до відмови всіх підсистем.

Виникає парадоксальна ситуація. З одного боку, в плануючому вогні встановлені два джерела світла для забезпечення його надійності. З іншого боку - вихід з ладу одного з джерел світла призводить до зменшення сили світла вогню вдвічі, тобто до його виходу з ладу. Виявляється, дублювання джерел світла під час пожежі як засіб підвищення пожежної надійності призводить, навпаки, до їх зниження, тому що ймовірність відмови одного з двох джерел світла, використаних під час пожежі, вище, ніж вірогідність відмови одного з джерел світла. єдине джерело світла в вогні. Виникає питання, навіщо використовувати під час пожежі два джерела світла і, тим більше, дві кабельні лінії для харчування ліхтарів, що також знижує надійність підсистеми.

Для вирішення цього завдання виконувалася видимість глиссируючих вогнів в умовах мінімальних значень параметрів експлуатаційного мінімуму аеродрому I категорії ( $DH = 60$  м,  $RVR = 550$  м).

Розрахунки показали, що вихід з ладу одного джерела світла в глиссаде і зниження сили його світла навіть удвічі знижує його видимість всього на 8-10%, тобто в робочому мінімумі аеродрому I категорії ця відстань складає не більше 70 м. посадкова швидкість 250 км / ч. проходить цю відстань за одну секунду. Таким чином, беручи до уваги важливість функцій, які покладаються на підсистему

гліссируючих вогнів, можна стверджувати, що наявність двох і більше ламп в гліссаде використовується тільки для підвищення її надійності.

Це припущення є більш вірогідним і правильним ще й тому, що в простих метеоумовах така відмова практично не впливає на інформативність підсистеми в цілому, тому що дальність видимості на СЗПС така, що світловий сигнал буде однозначно інтерпретуватися навіть при зменшенні його інтенсивності (RVR  $\square$  1000 м). Для остаточного вибору одного з двох варіантів критерію відмови підсистеми розсувних ліхтарів необхідно визначити показники надійності для кожного варіанту критерію відмови.

### 3.2. Кількісний опис надійності підсистеми глісадних вогнів

Для підсистем ССА типу ВВІ-І нормоване значення нестационарного коефіцієнта готовності за 12 год. дорівнює **0,98**.  $K_{Г\text{ ПССА норм}}(t) = 0,98$ .

Середній час наробітку до відмови – математичне очікування наробітку до відмови:

$$T_{\text{Ср}}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_i ,$$

де  $N$  - загальна кількість елементів,

$\tau$  - фіксований час відмов окремих елементів.

Таблиця 3.1

Сертифіковані дані середнього часу наробітку до відмови світлосигнального обладнання підсистеми РАРІ

№	Обладнання	$T_0$ , год.
1	Джерело світла аеродромного вогню	1000

2	Оптична система аеродромного вогню	10000
3	Ізолювальний трансформатор	10000
4	Регулятор яскравості	10000
5	Кабель	100000

Середній час відновлення працездатного стану  $T_{В\text{ кл}}$  підсистеми електропостачання аеродромних вогнів:  $T_{В} = 0,1$  год.

Кількість аеродромних вогнів  $N_{АВ}$  і кабельних ліній  $N_{КЛ}$ :

$N_{АВ} = 4$  – по 4 вогні з обох магнітних курсів ЗПС;

$N_{КЛ}$ , для стандартного варіанту по ІКАО – 2, для варіанту по СВ ЦАУ – 1.

### 3.3. Визначення інтенсивності відмов елементів підсистеми глісадних вогнів

Інтенсивності відмов елементів – умовна щільність вірогідності безвідмовної роботи на відріжку часу 12 год, при умові, що до початку цього проміжку часу об'єкти знаходились в працездатному стані.

$$\lambda_* = \frac{n(\Delta t)}{(N - n(t)) \times \Delta t}.$$

Фізичний зміст заключається в тому, що щільністю характеризується схильністю об'єктів до відмов в будь-який момент часу  $t + \Delta t$  при умові, що до моменту часу  $t$  він ще не відмовив.

Для джерела світла:

$$\lambda_{ДС} = \frac{1}{T_{о\text{ ДС}}} = \frac{1}{1000} = 0,001 = 10^{-3}.$$

Для оптичної системи:

$$\lambda_{OC} = \frac{1}{T_{OC}} = \frac{1}{10000} = 0,0001 = 10^{-4}.$$

Для ізолюючого трансформатора:

$$\lambda_{IT} = \frac{1}{T_{IT}} = \frac{1}{10000} = 0,0001 = 10^{-4}.$$

Для регулятора яскравості:

$$\lambda_{РЯ} = \frac{1}{T_{РЯ}} = \frac{1}{10000} = 0,0001 = 10^{-4}.$$

Для кабелю:

$$\lambda_{К} = \frac{1}{T_{OK}} = \frac{1}{100000} = 0,00001 = 10^{-5}.$$

Вихідні дані для визначення ймовірності безвідмовної роботи за 12 годин (час між двома ТО) - інтенсивність відмов елементів - зведені в таблицю 3.2.

Для подальшого аналізу надійності підсистеми в графі «відносне значення» вказується інтенсивність відмов елементів підсистеми, виражена в одиницях інтенсивності відмов джерел світла ( $\square$ ), як найбільш ненадійних елементів підсистеми.

Таблиця 3.2

Інтенсивності відмов елементів підсистеми глісадних вогнів ШЗПС

№	Найменування показника	Значення, 1/год	Відносне значення
1	Інтенсивність відмов джерел світла вогнів, $\lambda_{ДС}$	$10^{-3}$	$\lambda$
2	Інтенсивність відмов оптичної системи вогнів, $\lambda_{ОС}$	$10^{-4}$	$0,1\lambda$
3	Інтенсивність відмов ізолювальних трансформаторів, $\lambda_{ІТ}$	$10^{-4}$	$0,1\lambda$
4	Інтенсивність відмов регулятора яскравості, $\lambda_{РЯ}$	$10^{-4}$	$0,1\lambda$
5	Інтенсивність відмов кабелю (відмова типу «обрив»), $\lambda_{каб}$	$10^{-5}$	$0,01\lambda$

### 3.4. Визначення імовірності безвідмовної роботи підсистеми глісадних вогнів

Імовірність безвідмовної роботи визначається показниками безвідмовності.

Показники безвідмовності – вірогідність безвідмовної роботи за час  $t$ ,  $P(t)$ . Він чисельно показує вірогідність того, що в межах часу  $t$  відмови об'єкта не буде. Основним методом визначення показників безвідмовної роботи є випробовування.

$P(t)$  за результатами випробовування можна визначити наступним чином:

$$P(t) = \frac{N-n(t)}{N},$$

де  $N$  - загальна кількість елементів,

$t$  - час випробовування,

$n(t)$  - кількість відмовивши елементів.

Так як імовірність безвідмовної роботи в нашому випадку визначається через її зв'язок з інтенсивністю відмови то:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}.$$

Метою розрахунків надійності є визначення впливу надійності підсистеми на рівень безпеки польоту і можливість електроживлення підсистеми планерних вогнів на двох кабельних лініях.

В якості основного показника надійності виберемо такий показник надійності, як ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  підсистеми планерних вогнів за час  $t = 12$  годин. між двома підсистемами обслуговування. Вибір цього показника надійності обумовлений тим, що він безпосередньо впливає на рівень безпеки польоту ЛА на етапі візуального пілотування.

Припустимо, що елементи підсистеми глиссируючих вогнів ШЗПС підкоряються експоненціальним законом розподілу середнього напрацювання на відмову.

Харчування підсистеми планарних вогнів СЗПС, як і всіх інших підсистем ССА, здійснюється по послідовній схемі через розділові трансформатори. Виберемо варіант харчування підсистеми глиссируючих ліхтарів ШЗПС з двома кабельними лініями, як це рекомендовано правилами ІСАО. Одна кабельна лінія включає регулятор яскравості, кабель і розділові трансформатори.

Відмова будь-якого з елементів електроживлення призводить до виходу з ладу всієї підсистеми планують вогнів ШЗПС.

Надійно-функціональна схема підсистеми планерів ШЗПС з першим варіантом критерію відмови показана на рис. 3.4, а з другим варіантом - на рис. 3.5.

Отже, визначимо ймовірності безвідмовної роботи підсистеми глиссируючих вогнів протягом 12 годин. При використанні двох кабельних ліній для обох варіантів критерії відмови і порівняти їх з нормованим значенням.



Рис. 3.4 Надійнісно-функціональна схема підсистеми глісадних за першим критерієм відмови

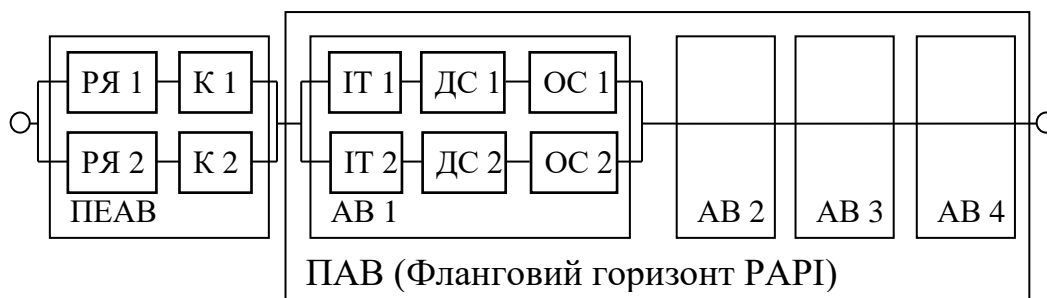


Рис. 3.5 Надійнісно-функціональна схема підсистеми глісадних за другим критерієм відмови

**3.7.1. Розрахунок при відмові одного джерела світла, вогонь переходить у непрацездатний стан, рис. 3.4.**

Розрахуємо інтенсивність відмови вогню:

$$\lambda_{AB} = 2 \times \lambda_{IT} + 2 \times \lambda_{DC} + 2 \times \lambda_{OC} = 2,4 \times 10^{-3}.$$

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи аеродромного вогню:

$$P_{AB} = e^{-t \times \lambda_{AB}} = 0,97161.$$

Розраховуємо інтенсивність відмови кабельної лінії:

$$\lambda_{KL} = \lambda_{РЯ} + \lambda_{К} = 1,1 \times 10^{-4}.$$



Враховуючи, що кабельні лінії дві, розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи підсистеми електропостачання аеродромних вогнів за 12 год:

$$P_{\text{ПЕАВ}} = e^{-t \times 2 \times \lambda_{\text{кл}}} = 0,997363.$$

Ймовірність безвідмовної роботи всієї підсистеми глісадних вогнів за 12 год. визначається:

$$P_{\text{РАРІ}} = P_{\text{ПЕАВ}} \times P_{\text{АВ}}^4 = e^{-t \times 4 \times \lambda_{\text{АВ}}} \times e^{-t \times 2 \times \lambda_{\text{кл}}} = 0,888835.$$

Оскільки мінімальне нормоване значення для підсистеми світлосигнальної системи аеродрому одно RPSSA (t) = 0,98, виходячи з розрахункової ймовірності відмови всієї підсистеми планерних вогнів за 12 годин, можна сказати, що цей критерій не так, тому що в цьому випадку неможливо включити вогні СЗПС в відповідно до вимог ІКАО, щоб не знизити показники безпеки.

Тому в подальших розрахунках цей критерій не використовується.

3.7.2. Розрахунок в разі виходу з ладу одного джерела світла вогонь зберігає свій робочий стан, а в разі виходу з ладу обох джерел - його втрата, рис. 3.5.

Так як в системі є резервування елементів, це необхідно для розрахунку ймовірності виходу з ладу її елементів. Ця схема резервує джерела світла, розділові трансформатори і оптичні системи.

Розрахуємо ймовірність відмови аеродромної пожежної підсистеми візуальної індикації глісади типу RARI:

$$Q_{\text{АВ}} = [1 - e^{-t \times (\lambda_{\text{ІТ}} + \lambda_{\text{ДС}} + \lambda_{\text{ОС}})}]^2 = 2,044 \times 10^{-4}.$$

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи аеродромного вогню в цілому:

$$P_{\text{АВ}} = [1 - Q_{\text{АВ}}] = 0,999796.$$

Враховуючи, що кабельні лінії дві, які резервують одна одну, розраховуємо їх ймовірність відмови:

$$Q_{\text{ПЕАВ}} = [1 - e^{-t \times \lambda_{\text{РЯ}} \times \lambda_{\text{К}}}]^2 = 1,74 \times 10^{-6}.$$

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи підсистеми електропостачання аеродромних вогнів:

$$P_{\text{ПЕАВ}} = [1 - Q_{\text{ПЕАВ}}] = 0,9999983.$$

Ймовірність безвідмовної роботи всієї підсистеми глісадних вогнів за 12 год. визначається:

$$P_{\text{РАРІ}} = P_{\text{АВ}}^4 \times P_{\text{ПЕАВ}} = 0,999181$$

Ймовірність другої схеми забезпечує нормовану надійність.

Отже, другий варіант критерію відмови вірний, що логічно підтверджується тим фактом, що підсистема планерних вогнів в основному використовується в робочому мінімумі без категорії або категорії I, тому ймовірно відмова одного з джерел світла в вогонь не зменшить силу світла нижче нормованого значення.

Остаточно науково обґрунтований критерій несправності підсистеми глиссируючих вогнів можна сформулювати наступним чином.

Відмова підсистеми глиссируючого світла відбувається при відмові будь-якого спалаху в підсистемі.

У свою чергу, відмова загоряння відбувається при виході з ладу двох (або трьох) джерел світла. Таким чином, кількісним критерієм відмови для підсистеми який планує світла є відмова більше 4 джерел світла в різних підсистемах вогнів, а топологічним критерієм - відмова двох джерел світла в будь-якій підсистемі світла.

Після визначення і обґрунтування критерію відмови підсистеми планерного вогню можна розрахувати його надійність і оцінити вплив показників надійності на рівень безпеки польоту на етапі візуального пілотування.

У разі придбання і установки підсистем глиссуючих ліхтарів ШЗПС з трьома джерелами світла і оптичних систем в одному плануючому світлі, автори перерахують критерій несправності глиссуючого світла і підсистеми глиссуючих ліхтарів ШЗПС в цілому разом з визначенням надійності підсистеми.

3.7.3. Розрахунок показників надійності підсистеми планерних вогнів по одній кабельній лінії.

У попередніх розрахунках вдалося переконатися, що підсистема харчування вогнів аеродрому має високу ймовірність безвідмовної роботи, тобто забезпечує нормований рівень зі значним запасом. Звідси випливає, що харчування підсистеми планерних вогнів може здійснюватися по одній кабельній лінії, як зазначено в ПСО. Отже, необхідно розрахувати надійність підсистеми в цілому при реалізації електропостачання за єдиною кабельною лінією NFS, яка показана на рис. 3.6.

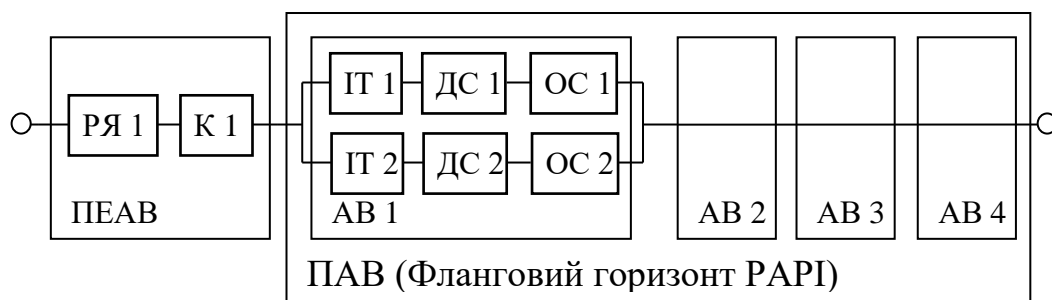


Рис. 3.6 Надійнісно-функціональна схема підсистеми глісидних вогнів з електропостачанням по одній кабельній лінії

Розраховуємо ймовірність відмови аеродромного вогню:

$$Q_{AB} = [1 - e^{-t \times (\lambda_{IT} + \lambda_{ДС} + \lambda_{ОС})}]^2 = 2,044 \times 10^{-4}.$$

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи аеродромного вогню:

$$P_{AB} = [1 - Q_{AB}] = 0,999796.$$

Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи підсистеми електропостачання аеродромних вогнів використовуючи тільки одну кабельну лінію:

$$P_{PEAB} = e^{-t \times \lambda_{PЯ} \times \lambda_K} = 0,998681.$$

Ймовірність безвідмовної роботи всієї підсистеми глісадних вогнів за 12 год. визначається:

$$P_{PAP1} = P_{AB}^4 \times P_{PEAB} = 0,997865.$$

Ймовірність третьої схеми забезпечує нормовану надійність.

Використовуючи розроблені моделі надійності підсистеми розсувних ліхтарів ШЗПС, ми спочатку вирішимо проблему доцільності застосування двох кабельних ліній в підсистемі.

Аналіз математичних моделей надійності показує, що в обох випадках вони складаються з двох коефіцієнтів, які є показниками надійності планерних вогнів і показниками надійності їх систем електропостачання.

Показники надійності гліссируючих ліхтарів ідентичні незалежно від схеми їх електроживлення, тому ми визначаємо виграш в надійності, використовуючи дві кабельні лінії, шляхом ділення ймовірності відмови в момент часу  $t$  для підсистеми з двома кабельними лініями на ймовірність відмови в момент часу  $t$ . для підсистеми з одного кабельною лінією.

В результаті нескладних перетворень і підстановки даних остаточно отримаємо:

$$\frac{P_{PAP1} \text{ з 2 КЛ}}{P_{PAP1} \text{ з 1 КЛ}} = \frac{P_{PEAB} \text{ з 2 КЛ}}{P_{PEAB} \text{ з 1 КЛ}} = \frac{0,9999983}{0,998681} = 1,001319.$$

Таким чином можна зробити наступний висновок: застосування двох кабельних ліній у схемі електропостачання глісадних вогнів збільшує

**надійність підсистеми всього на 0,13 %, що майже не впливає на рівень безпеки польотів.**

Доведемо це ствердження подальшими розрахунками. Для цього визначимо абсолютні значення показників надійності підсистем глісадних вогнів для двох схем електропостачання та проведемо оцінку їх впливу на безпеку польотів.

Для визначення абсолютних значень показників безвідмовності підсистем глісадних вогнів з електропостачанням по двох і по одній кабельних лініях скористаємось показниками безвідмовності, розрахованими для 1-го та 2-го пунктів:

$$P_{\text{РАРІ}} 2\text{КЛ} = 0,999181 ;$$

$$P_{\text{РАРІ}} 1\text{КЛ} = 0,997865 .$$

Імовірність відмови РАРІ:

$$Q_{\text{РАРІ}} 2\text{КЛ} = 1 - P_{\text{РАРІ}} 2\text{КЛ} = 1 - 0,999181 = 0,000819 ;$$

$$Q_{\text{РАРІ}} 1\text{КЛ} = 1 - P_{\text{РАРІ}} 1\text{КЛ} = 1 - 0,997865 = 0,002135 .$$

Далі розраховується нестационарний коефіцієнт готовності ПЕАВ, як імовірність застати ПЕАВ в будь-який момент часу у працездатному стані.

Будемо вважати, що інтенсивність відновлення та інтенсивність відмови 1 і 2 кабельної лінії однакові в зв'язку з їх ідентичністю, тоді:

$$\mu_i = \frac{1}{T_B} = \frac{1}{0,1} = 10 - \text{інтенсивність відновлення } i\text{-тої КЛ};$$

$$\lambda_i = 1,1 \times 10^{-4} - \text{інтенсивність відмов } i\text{-тої КЛ};$$

**Коефіцієнт готовності для схеми з однією лінією:**

$$K_{\Gamma \text{ ПЕАВ}}(t) 1\text{КЛ} = \prod_{i=1}^1 \left[ \left( \frac{\lambda_i}{\lambda_i + \mu_i} \right) \times e^{-(\lambda_i + \mu_i) \times t} + \frac{\mu_i}{\lambda_i + \mu_i} \right] = 0,999989.$$

**Коефіцієнт готовності для схеми з двома взаємно резервуючими лініями:**

$$K_{Г\text{ ПЕАВ}}(t)_{2\text{КЛ}} = 1 - (1 - K_{Г\text{ ПЕАВ}}(t)_{1\text{КЛ}})^2 = 1.$$

Нестационарний коефіцієнт готовності підсистеми ССА  $K_{Г\text{ ПССА}}(t)$  розраховується як імовірність того що підсистема електропостачання аеродромних вогнів у будь який момент часу  $t$  буде знаходитися у працездатному стані, а підсистема аеродромних вогнів безвідмовно пропрацює на інтервалі часу від початку використання до  $t$ .

**Коефіцієнт готовності для підсистеми глісадних вогнів з двома лініями:**

$$K_{Г\text{ ПССА}}(t)_{2\text{КЛ}} = K_{Г\text{ ПЕАВ}}(t)_{2\text{КЛ}} \times P_{\text{РАРІ}}_{2\text{КЛ}} = 1 \times 0,999181 = 0,999181.$$

**Коефіцієнт готовності для підсистеми глісадних вогнів з однією лінією:**

$$K_{Г\text{ ПССА}}(t)_{1\text{КЛ}} = K_{Г\text{ ПЕАВ}}(t)_{1\text{КЛ}} \times P_{\text{РАРІ}}_{1\text{КЛ}} = 0,999989 \times 0,997865 = 0,997854$$

**Коефіцієнт неготовності ПССА визначається як:**

$$K_{\text{НГ ПССА}}(t)_{2\text{КЛ}} = 1 - K_{Г\text{ ПССА}}(t)_{2\text{КЛ}} = 1 - 0,999181 = 0,000819;$$

$$K_{\text{НГ ПССА}}(t)_{1\text{КЛ}} = 1 - K_{Г\text{ ПССА}}(t)_{1\text{КЛ}} = 1 - 0,997854 = 0,00215.$$

**Коефіцієнт вимушеного простою ПССА – імовірність застати ПССА у будь-який момент часу у стані «відмова КЛ, іде непланове відновлення працездатного стану ПССА»:**

$$K_{\text{ВП ПССА}}(t)_{2\text{КЛ}} = 1 - K_{Г\text{ ПЕАВ}}(t)_{2\text{КЛ}} = 1 - 1 = 0;$$

$$K_{\text{ВП ПССА}}(t)_{1\text{КЛ}} = 1 - K_{Г\text{ ПЕАВ}}(t)_{1\text{КЛ}} = 1 - 0,999989 = 0,000011.$$

**Коефіцієнт аварійного використання ПССА** - імовірність застати ПССА у будь-який момент часу у стані «відмова ПАВ, інформації про відмову немає»:

$$K_{\text{АВ ПССА}}(t)_{2\text{КЛ}} = K_{\Gamma \text{ ПЕАВ}}(t)_{2\text{КЛ}} \times Q_{\text{РАРІ}}_{2\text{КЛ}} = 1 \times 0,000819 = 0,000819;$$

$$K_{\text{АВ ПССА}}(t)_{1\text{КЛ}} = K_{\Gamma \text{ ПЕАВ}}(t)_{1\text{КЛ}} \times Q_{\text{РАРІ}}_{1\text{КЛ}} = 0,999989 \times 0,002135 = 0,002135$$

Визначається **середній час напрацювання між відмовами ПССА**:

$$T_0 = \frac{P_{\text{РАРІ}}_{2\text{КЛ}}}{Q_{\text{РАРІ}}_{2\text{КЛ}}} \times t = \frac{0,999181}{0,000819} \times 12 = 14640 \text{ год};$$

$$T_0 = \frac{P_{\text{РАРІ}}_{1\text{КЛ}}}{Q_{\text{РАРІ}}_{1\text{КЛ}}} \times t = \frac{0,997865}{0,002135} \times 12 = 5608 \text{ год}.$$

Необхідно порівнювати безперебійну стабільність готовності підсистеми ковзання світла з нормальним значенням, встановлюючи ймовірність посадки за допомогою світлосигнальної системи вітряного вітру в складних погодних умовах ( $K_{\text{СМУ}} = 0,1$ ). Якщо надійність підсистеми більша або дорівнює нормальному значенню, це означає, що підсистема забезпечує нормальний рівень безпеки польоту протягом 12 годин.

$$K_{\Gamma \text{ ПССА норм}}(t) \geq 1 - \frac{Q_{\text{ОС ПССА норм}}}{K_{\text{СМУ}}},$$

де  $K_{\Gamma \text{ ПССА норм}}(t)$  – нормоване значення нестационарного коефіцієнту готовності ПССА за час  $t$ ;

$Q_{\text{ОС ПССА норм}}$  – нормоване значення імовірності виникнення особливої ситуації на борту ПС з причини відмови підсистеми глісадних вогнів;

$K_{СМУ}$  – коефіцієнт використання підсистеми світлосигнальної системи аеродрому;

Нормоване значення нестационарного коефіцієнт готовності ПССА за час 12 год. Дорівнює:

$$K_{ГПССАнорм}(t) \geq 0,99.$$

**Для схеми з двома кабельними лініями:**

$$0,999181 > 0,99.$$

**Для схеми з однією кабельною лінією:**

$$0,997854 > 0,99.$$

Таблиця 3.3

Вихідні дані надійності підсистеми глісадних вогнів.

Показник надійності підсистеми		Значення при використанні двох КЛ	Значення при використанні однієї КЛ
Імовірність безвідмовної роботи одної КЛ за 12 год.	$P_{КЛ}(t)$	0,998681	0,998681
Імовірність відмови одної КЛ за 12 год.	$Q_{КЛ}(t)$	0,001319	0,001319
Імовірність безвідмовної роботи ПЕАВ за 12 год.	$P_{ПЕАВ}(t)$	0,9999983	0,998681
Імовірність відмови ПЕАВ за 12 год.	$Q_{ПЕАВ}(t)$	0,0000074	0,001319
Імовірність безвідмовної роботи одного АВ за 12 год.	$P_{АВ}(t)$	0,999796	0,999796



Імовірність відмови одного АВ за 12 год.	$Q_{AB}(t)$	0,000204	0,000204
Імовірність безвідмовної роботи ПАВ	$P_{ПАВ}(t)$	0,999183	0,999183
Імовірність відмови ПАВ	$Q_{ПАВ}(t)$	0,000817	0,000817
Імовірність безвідмовної роботи підсистеми	$P_{ПССА}(t)$	0,999181	0,997865
Імовірність відмови підсистеми	$Q_{ПССА}(t)$	0,000819	0,002135
Коефіцієнт готовності ПЕАВ	$K_{Г ПЕАВ}(t)$	1	0,999989
Коефіцієнт готовності підсистеми	$K_{Г ПССА}(t)$	0,999181	0,997854

Продовження таблиці 3.3

Коефіцієнт неготовності підсистеми	$K_{НГ ПССА}(t)$	0,000819	0,00215
Коефіцієнт вимушеного простою підсистеми	$K_{ВП ПССА}(t)$	0	0,000011
Коефіцієнт аварійного використання підсистем	$K_{АВ ПССА}(t)$	0,000819	0,002135
Середній наробіток між відмовами, год.	$T_0 ПССА$	14640	5608

Результати розрахунків показників надійності планують вогнів показують, що підсистеми планують вогнів з однієї кабельною лінією і з двома кабельними лініями з запасом забезпечують нормований рівень безпеки польоту, якщо вони містять сучасні елементи, причому показники надійності не гірше зазначених в таблиці. 3.2.

На аеродромі Івано-Франківськ планується установка світлофорів від сертифікованого в Україні виробника сертифіката. Показники надійності світлофорів всіх компаній виробників світлофорів для аеродромів, які мають сертифікат України, відповідають вимогам таблиці 3.2.

Розрахунки підтверджують недоцільність використання двох кабелів в системі харчування планують вогнів, так як це не впливає на безпеку польоту на етапі візуального контролю.

З цього можна зробити висновок, що вибір системи харчування підсистеми планують вогнів аеродрому Івано-Франківськ кабельною лінією правильний і доцільний. Відповідно, пропонується провести попередні розрахунки ризиків безпеки польотів при проектуванні підсистеми планують вогнів RARI в аеропорту Івано-Франківськ.

Оцінка впливу показників надійності підсистеми парникових газів на рівень безпеки польоту на етапі візуального пілота по суті є оцінкою ризику конкретної ситуації на борту повітряного судна через відмову підсистеми який планує світла на етапі візуального пілота.

Ризики виникнення особливої ситуації на борту літака при використанні підсистеми сабвуфера ШЗПС через її можливого виходу з ладу можна розглядати як допустимі.

### **3.5. висновки**

1. Після аналізу нормативних та технічних документів ІКАО та ЛІ САУ була створена методика кількісної оцінки впливу показників надійності підсистеми планують вогнів аеродрому на рівень безпеки польотів на етапі візуального пілотування.

2. Визначено критерій відмови підсистеми RARI і критерій відмови для кожного з її елементів.

3. На основі методу теорії надійності і сформульованого критерію відмови була розрахована надійність підсистеми RARI і визначено її вплив на безпеку польотів.

## **РОЗДІЛ 4**

### **ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

На всіх етапах свого розвитку людина була тісно пов'язана із зовнішнім світом. Але з моменту виникнення високоіндустріального суспільства небезпечно втручання людини в природу значно зросло, обсяг цього втручання розширився, він став більш різноманітним і загрожує стати глобальною небезпекою для людства. В даний час гідросфера Землі, атмосфера та літосфера знаходяться під посиленням антропогенним впливом.

Найбільшим і найсуттєвішим є хімічне забруднення навколишнього середовища речовинами хімічної природи, не характерними для нього. До них належать газоподібні та аерозолеподібні забруднювачі промислового та побутового походження. Накопичення вуглекислого газу в атмосфері також прогресує. Подальший розвиток цього процесу посилить небажану тенденцію підвищення середньорічної температури на планеті. Це насторожує екологів, і триваюче

забруднення Світового океану нафтою та нафтопродуктами досягло 1/5 загальної площі. Забруднення нафтою такого масштабу може суттєво порушити газообмін та обмін води між гідросферою та атмосферою. Немає сумнівів у важливості хімічного забруднення ґрунту пестицидами та його високої кислотності, що призводить до колапсу екосистеми. Загалом усі враховані фактори, прослідковувані до шкідливого впливу на довкілля, впливають на процеси, що відбуваються в біосфері.

Охорона навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки людського життя - необхідна передумова сталого економічного та соціального розвитку в Україні.

З цією метою Україна проводить екологічну політику, спрямовану на захист безпечного життя та неживого довкілля, захист життя та здоров'я населення від негативних наслідків забруднення та створення гармонійної взаємодії між суспільством та природою, захист, раціональність Використання та відтворення для досягнення природних ресурсів.

Метою цього розділу є теоретична та практична підготовка електромеханіків для самостійного вирішення екологічних проблем як при плануванні, так і при будівництві та експлуатації електроустановок в енергосистемах промислових компаній, міст та сільського господарства.

#### 4.1. Аналіз нормативно-технічних документів

Завданням екологічного законодавства є регулювання взаємовідносин у галузі охорони, використання та відтворення природних ресурсів, екологічної безпеки, запобігання та усунення негативних наслідків господарської та іншої діяльності на навколишнє середовище, збереження природних ресурсів, генетичних ресурсів диких тварин. Ландшафти та інші природні комплекси, унікальні території та природні об'єкти, пов'язані з історико-культурною спадщиною.

Відносини у галузі охорони навколишнього природного середовища в Україні регулюються та розвиваються відповідно до українського Закону "Про охорону навколишнього природного середовища". Законодавство про землю, води, ліси, надра, охорону повітря, охорону та використання рослинного і тваринного світу та інші спеціальні закони.

Основними принципами захисту навколишнього середовища є:

- а) пріоритет вимог екологічної безпеки, обов'язковість дотримання екологічних норм, правил і обмежень на використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;
- б) забезпечення екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людини;
- в) попереджувальний характер заходів щодо захисту навколишнього середовища;
- г) екологізація матеріального виробництва на основі комплексних рішень в питаннях захисту навколишнього середовища, використання і відтворення відновлюваних природних ресурсів, повсюдного впровадження нових технологій;
- д) збереження просторової та видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;
- е) науково обгрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань в області екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього середовища;
- ж) обов'язкова екологічна експертиза;
- ж) гласність і демократичність у прийнятті рішень, від реалізації яких залежить стан навколишнього середовища, формування екологічного світогляду населення;
- з) науково обгрунтована стандартизація впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє середовище;

- і) безкоштовне загальне та спеціальне спеціальне використання природних ресурсів для господарської діяльності;
- і) відшкодування шкоди, заподіяної порушенням природоохоронного законодавства;
- к) вирішення питань охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів з урахуванням ступеня антропогенної мінливості територій, сукупності факторів, що негативно впливають на екологічну ситуацію;
- й) поєднання стимулів і відповідальності за охорону навколишнього середовища;
- к) вирішення проблем охорони навколишнього середовища на основі широкого міждержавного співробітництва;
- л) встановлення екологічного податку, збору за спеціальне водокористування, збору за спеціальне використання лісових ресурсів, збору за користування надрами відповідно до Податкового кодексу України.

### **3.5. Ресурсозбереження. Утилізація. Еколого-економічний збиток**

Збереження ресурсів включає комплексний підхід, органічне поєднання технологічних, економічних та соціальних областей для активізації використання ресурсів. Це частина загальної концепції "екологізації виробництва".

Екологізація виробництва включає: сприяння збереженню ресурсів, пошук принципово нових джерел енергії, виробництво відходів, переробку відходів, а також процес виробництва та використання товарної продукції в літературі, а також концепцію екологізації виробництва, термін "екологічна технологія". Екологічні технології означають впровадження таких виробничих процесів у виробництво та повсякденне життя людей, які можуть гарантувати збереження екологічного балансу в природному середовищі з найвищою якістю продукції та не сприяють її забрудненню.

Для Н.Ф. За словами Реймерса, "екологічні технології (виробництво) - це система заходів щодо запобігання негативному впливу виробничих процесів на навколишнє середовище, що здійснюються за рахунок маловідходних технологій".

На думку І. І. Деду «Екологічні технології» - розробка та впровадження технологій у виробництво, постачання та побут людей, які отримують високоякісну продукцію, але в той же час гарантують екологічну рівновагу в природі, матеріальний та енергетичний цикл та запобігають екологічному забрудненню.

Екологізація включає: економічне споживання сировини, комплексне використання природних ресурсів, створення нових технологій для маловідходного виробництва, замкнутих циклів циркуляції води та утилізації відходів. Тому основними моментами екологізації є:

- економія ресурсів;
- Маловідходне виробництво;
- технології утилізації та експлуатації відходів;
- нові джерела енергії та палива.

Енергозбереження - система інструментів для виготовлення та реалізації кінцевої продукції з мінімальними витратами матеріалу та енергії на всіх фазах технологічного процесу.

Виробничі ресурси включають виробничі потужності (накопичені постійні та короткострокові виробничі потужності), науковий потенціал, робочу силу (в тому числі інтелектуальну) та природні ресурси, залучені в економічний рух.

Загальною характеристикою виробничих ресурсів є їх потенціал брати участь у виробництві, де вони перетворюються на продукцію (конкретні споживчі цінності), а також їх відносні обмеження на певному рівні та темпі економічного розвитку.

Співвідношення виробленої продукції до виробничих факторів виражається як ефективність використання ресурсів - ресурсоемність продукції або ресурсова ефективність.

Інтенсивність використання ресурсів розраховується як співвідношення між споживаними ресурсами та продукцією, виготовленою у матеріальній формі або у формі робіт та послуг. Наприклад, водоемність 1 кг сталі становить 30 кг, чавуну - 5 кг, пульпи - 0,5 тонни; Бавовна - 10 тонн води. При визначенні споживання ресурсів слід також враховувати: територіальну (земельну) потужність, потужність повітря, енергоспоживання, трудомісткість, ступінь забруднення, розмір екосистеми.

Ефективність використання ресурсів описує вихід фізичного обсягу виробництва на одиницю ресурсів, що використовуються для виробництва (інтегрований ресурс), або їх окремих складових.

Про ефективність використання природних ресурсів судять за інтенсивністю природокористування, яка визначається збільшенням кількості кінцевих корисних продуктів на одиницю конкретних або інтегрованих ресурсів, задіяних у виробництві, або конкретними вкладеннями у відтворення ці ресурси.

При збереженні ресурсів зменшуються витрати на всі види ресурсів для виробництва виробничого підрозділу. Це слід розглядати як умову, процес, результат та показник для вдосконалення використання засобів виробництва та робочого обладнання на всіх фазах виробництва та господарської діяльності об'єднань та компаній, а також економічного та соціального розвитку регіонів та економіка в цілому.

Як показник економія ресурсів означає зменшення ресурсоемності виробництва або збільшення виходу кінцевої продукції з ресурсів, необхідних для їх виробництва.

Збереження ресурсів - складна проблема. Їх вирішення означає збільшення виробництва при постійному або меншому споживанні матеріальних ресурсів, зниження витрат, збільшення прибутку, краще використання виробничих



потужностей та підвищення продуктивності праці, зменшення інвестицій у сировинну промисловість та покращення екологічної ситуації.

Результатом економії ресурсів є також вивільнення первинних матеріалів з комерційного обігу внаслідок їх заміщення побічними продуктами або промисловими відходами. Збереження ресурсів не тільки підвищує ефективність суспільного виробництва, а й запобігає забрудненню навколишнього середовища.

Участь в економічному відшкодуванні раніше виготовленої готової продукції (металобрухт, металобрухт, біте скло, макулатура) називається переробкою.

Повторне використання - Повторне використання - Відновлення нових продуктів із раніше використовуваних шляхом відповідної обробки для отримання продукту з однаковим або подібним складом.

В даний час в Україні економія ресурсів, включаючи енергозбереження, є одним з основних напрямків економічної політики. Наприклад, на одиницю національного доходу витрачається більше, ніж у США: нафта і газ в 2,3 рази; Енергія - 2 рази; Сталь і бавовна - 3 рази; Цемент - у 2,6 рази.

В Україні вторинні ресурси в основному використовуються для цілей, які не потребують розробки додаткових технологій.

Збереження ресурсів може бути більш ефективним, оскільки сировина економиться безпосередньо під час переробки. Таким чином, на кожну 1 т оригінального корисного продукту в харчовій промисловості використовується в кілька разів більше сировини.

Вже можливо (є відповідні технічні розробки та обладнання) повторне використання 60% утворених відходів. У майбутньому промислове виробництво в основному буде базуватися на відновлюваній сировині та вторинних матеріалах і вимагатиме лише включення первинної сировини для розширеного відтворення.

Повторне використання матеріальних ресурсів є надзвичайно важливим з точки зору збереження або продовження строку корисного використання запасів основних руд (вичерпаних ресурсів).

Вся використана сировина (приблизно 90%) потрапляє у навколишнє середовище у вигляді різних видів відходів. Цікаво, що до вилучення ці речовини були в природі в найменш розчинній і, отже, найменш токсичній формі. Наприклад, метали - у формі важкорозчинних оксидів, фтор - у формі фториду кальцію або фосфатів.

Виробництво металів, фосфорних добрив та ряду інших продуктів створює велику кількість твердих, рідких та газоподібних відходів, у яких важкі метали та фтор знаходяться в активній формі, що негативно впливає на все живе.

За останні 20 років промисловість і транспорт у всьому світі виділили більше свинцю в навколишнє середовище, ніж у попередній період. Загалом антропогенний тиск у біосфері отримав близько 20 мільйонів тонн свинцю, 14 мільйонів тонн цинку та понад 2 мільйони тонн міді.

Вторинні матеріальні ресурси - це відходи виробництва та споживання, які можуть бути використані на даному етапі розвитку науки і техніки в національній економіці.

Вторинні матеріальні ресурси поділяються на використані та невикористані.

До невикористаних вторинних матеріалів належать відходи, які не використовуються через брак інвестицій на їх переробку, брак споживчих товарів або нерозвинену технологію переробки.

Одним із резервів підвищення ефективності суспільного виробництва є використання побічних продуктів або побічних продуктів, які (на відміну від відходів) можна використовувати без переробки та переробки.

Утилізація відходів - від латинського utilis - корисний - означає включення їх у нові технологічні процеси з метою отримання корисного продукту. Це означає

використання відходів як вторинної сировини, палива, добрив, будівельного матеріалу або для інших цілей.

Слід розрізняти терміни "утилізація відходів", "переробка" або "переробка".

Переробка відходів - це їх повторне використання після переробки (металобрухт, макулатура, бите скло, мастильні матеріали тощо).

Іноді термін "утилізація відходів" - це технологічний процес або їх поєднання, завдяки якому токсичні речовини (або групи речовин) перетворюються на нетоксичні сполуки, які не розкладаються.

Еколого-економічна шкода - це фактична та можлива втрата в кількісному та якісному вираженні, включаючи додаткові витрати на усунення шкідливих наслідків для життя людей, тварин, рослин та інших живих організмів, спричинених порушеннями стандартів якості навколишнього середовища в результаті негативних економічних та інших факторів Діяльність, техногенні аварії та катастрофи.

У наш час оцінка екологічної та економічної шкоди є дуже актуальною через все більший розгляд екологічних проблем. Ми всі хочемо жити в екологічно чистому районі, дихати чистим повітрям, пити чисту воду. Оцінка екологічної та економічної шкоди може бути ефективним механізмом нормалізації екологічної ситуації в регіоні.

Екологічні та економічні втрати поділяються на такі компоненти:

- економічні (наприклад, втрати через нестачу продукції);
- соціально-економічні (збільшення захворюваності економічно активного населення);
- соціально (особливо скорочена тривалість життя);
- екологічні (вимирання біологічних видів).

### **3.6. Розробка заходів, що підвищують екологічну безпеку проектованої підсистеми глісадних вогнів злітно-посадкової смуги**

При розробці дипломів особлива увага приділяється раціональному використанню електроенергії при обслуговуванні об'єкта управління.

Раніше системи світлової сигналізації аеродромів на більшості аеродромів України не входили до підсистеми ковзних вогнів, оскільки цього не вимагали радянські стандарти. Частково свою функцію виконувала десантна підсистема світла, яка інформує пілота про район, в якому літак повинен торкнутися злітно-посадкової смуги під час заходу на посадку. Підсистема посадкових знакових вогнів складається з 20 окремих ламп (по 10 вогнів з кожного напрямку) потужністю 200 Вт. В даний час, згідно зі стандартами Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) та вимогами сертифікації цивільної авіації України, підсистема легкого ковзання злітно-посадкової смуги призначена для використання в міжнародних аеропортах з 1 січня 2008 року, а в усіх цивільних аеропортах - з січня 1, 2010 в Україні в обов'язковому порядку.

Найбільш широко застосовувана система для візуального відображення типу ковзної траси RARI для більшості аеродромів України. Система RARI складається з флангового горизонту, що складається з чотирьох вогнів з двома лампами з різними переходами кольорів, які розташовані через рівні проміжки часу. В аеропорту загалом використовується 16 ламп потужністю 200 Вт з обох напрямків посадки.

### **3.7. Розрахунок екологічної та економічної шкоди**

В даний час більшість аеродромів в Україні реконструюються, замінюються системи електропостачання та багато іншого. Заміна старої енергосистеми створює

відходи - старий кабель, який просто закопаний неподалік в районі аеродрому, щоб заощадити гроші на видалення.

Силовий кабель аеродромних ліхтарів виготовлений з міді і покритий гумовою сорочкою. Поперечний переріз струмопровідного сердечника становить 6,0 мм<sup>2</sup> (або 10,0 мм<sup>2</sup>), залежно від сили струму, для якої він призначений. Довжина кабелю системи живлення для аеродромних вогнів вимірюється в кілометрах. Наприклад, довжина кабелю системи візуального відображення ковзаючих шляхів RARI становить 1,75 км, а використовується кабель перетином 6,0 мм<sup>2</sup>.

Таблиця 4.1

#### Розрахунок еколого-економічного збитку

Найменування ПССА	Перетин жили, мм <sup>2</sup>	Загальна довжина кабелю, м	Маса міді в кабелі, кг	Вартість міді в кабелі, грн
Підсистема глісадних вогнів RARI	6	1750	93,75	4685

Густина міді становить 8920 кг/м<sup>3</sup>;

Вартість одного кілограму мідного металобрухту становить 40-60 грн., для розрахунків взято середнє значення 50 грн/кг.

### **3.7. Екологічний ефект від зниження збитків навколишньому середовищу**

Використання електроенергії впливає на навколишнє середовище, так як вироблення електроенергії електростанцією пов'язане зі спалюванням твердого палива або з реакціями радіоактивного розкладу, викидами в атмосферу шкідливих речовин, а також радіоактивними і електромагнітними випромінюваннями.

Проведемо економічний розрахунок і визначимо ефект від економії електроенергії.

Запобігання збитку навколишньому середовищу від витрати електроенергії розраховуємо за формулою:

$$Y_{E_{\text{зап}}} = Y_p(W_B - W_{II}),$$

де  $Y_p$  - питомий екологічний збиток, який дорівнює  $Y_p = 0,24$  грн./кВт·год

$W_{II}, W_B$  - електроенергія, яка споживається проєктованим і базовим пристроями відповідно.

Прийmemo для коефіцієнтів навантаження і втрат в мережі наступні значення:

$$K_H = 0,75; \quad K_{BM} = 0,95.$$

Базовий варіант вогнів знака приземлення має джерело живлення з ККД, рівним  $\eta_B = 0,8$ , а проєктований  $\eta_{II} = 0,9$ .

Потужність джерел живлення:

**базового варіанту**  $P_B = 200 \text{ Вт} = 0,2 \text{ кВт},$

**проєктованого**  $P_{II} = 200 \text{ Вт} = 0,2 \text{ кВт}.$

Час роботи 24 години на добу.

Визначимо діючий фонд часу при 24 годинах використання електроенергії за добу:

**базовим варіантом**  $\Phi_{B_{\text{доб}}} = 24 \cdot P_B = 24 \cdot 20 \cdot 0,2 = 96 \text{ кВт} \cdot \text{год},$

**проєктованого**  $\Phi_{B_{\text{доб}}} = 24 \cdot P_{II} = 24 \cdot 16 \cdot 0,2 = 76,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$

Тоді річний діючий фонд часу:

**базового варіанту**  $\Phi_{B_{\text{доб}}} = 365 \cdot P_B = 365 \cdot 96 = 35040 \text{ кВт} \cdot \text{год},$

**проектованого**

$$\Phi_{\text{Бдоб}} = 365 \cdot P_{\text{П}} = 365 \cdot 76,8 = 28032 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Відвернений екологічний збиток:

$$Y_{\text{ЕзМП}} = 0,24 \cdot (35040 - 28032) = 1681,92 \text{ грн.}$$

Таким чином можна сказати, що при проведенні даної роботи буде спостерігатися зменшення негативного впливу на навколишнє середовище в результаті виробництва електроенергії на електростанціях: зменшення викидів в атмосферу шкідливих речовин, радіоактивних і електромагнітних випромінювань.

### **3.8. Висновки**

1. Якщо ви заміните стару підсистему посадкових ліхтарів на підсистему відображення траєкторії ковзання, вам доведеться повторно використовувати відходи попередньої системи, оскільки це зменшить витрати на встановлення нової системи та захистить навколишнє середовище.
2. Замінивши підсистему посадкових знаків на запропоновану підсистему ковзних вогнів злітно-посадкової смуги, зменшиться негативний вплив на навколишнє середовище.
3. В результаті розрахунку було розраховано відвернуту екологічну шкоду, яка становить 1681,92 грн.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, гігієнічних та гігієнічних, а також профілактичних заходів та засобів для підтримки життя, здоров'я та працездатності людей.

Охорона праці - це стан умов праці, при якому виключається вплив шкідливих та небезпечних виробничих факторів на працівників.

Метою охорони праці є створення умов, що усувають або мінімізують вплив шкідливих та небезпечних факторів виробництва на працівника.

Шкідливий фактор виробництва - це фактор виробництва, наслідки якого можуть призвести до погіршення стану здоров'я або працездатності працівника.

Небезпечний виробничий фактор - це виробничий фактор, який може призвести до травми або іншої раптової шкоди здоров'ю працівника.

#### 4.1. Перелік шкідливих та небезпечних факторів виробництва при технічній експлуатації підсистеми злітно-посадкових смуг

Під час технічної експлуатації підсистеми планера ВПП наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори можуть впливати на працівників:

- мобільні самохідні та рухомі машини, механізми та пристрої для виконання робіт - електроживлення для аеродромів для обладнання літаків та пуску двигуна, станції заряду кисню для аеродромів, контрольно-випробувальні прилади для перевірки працездатності, а також їх рухомі незахищені частини;



Переміщення незахищених елементів літальних апаратів: крила відсіків шасі, заслінки, поверхні рулів, планки, гальмівні щити, гвинти;

- елементи авіаційного та електронного обладнання (AIREO) літальних апаратів, які діють наступним чином: антени, датчики, приймачі тиску повітря, температура зовнішнього повітря;

- Родовища, що поширюються з руйнуванням контейнерів і пристроїв, що працюють під тиском стиснених газів і рідин; Балони зі стисненим повітрям і киснем, вогнегасники;

- ударна хвиля від вибуху піротехнічних пристроїв, кисневих балонів та посудин під тиском;

- гострі осколки обладнання при демонтажі блоків AiREO;

- хімічні речовини, що містяться в обладнанні та використовуються для обслуговування парапланів;

- підвищена температура повітря в робочій зоні;

- знижена температура повітря та поверхонь обладнання під час обслуговування планерних вогнів при негативних температурах;

- підвищена вібрація під час експлуатації авіаційних електростанцій;

- підвищене значення змінної напруги електричних мереж, коротке замикання яких може відбуватися через тіло людини; Дуга короткого замикання.

Відповідно до ризику ураження електричним струмом людей, обслуговування підсистеми ковзання світла злітно-посадкової смуги аеропорту відноситься до умов підвищеного ризику. Умови, що викликають підвищений ризик ураження електричним струмом:

- волога, струмопровідний пил;

- струмопровідні підлоги (земляний бетон);

- висока температура навколишнього середовища;

- можливість одночасного контакту людини з металевими конструкціями, механізмами, підключеними з одного боку до землі, а з іншого - з металевими корпусами електрообладнання.

Ризик ураження електричним струмом значною мірою залежить від погодних умов та робочого середовища. Умови навколишнього середовища можуть збільшити або зменшити ризик ураження електричним струмом. Збільшення вологості та температури під час обслуговування підсистеми змінного освітлення на колії сприяє передачі напруги на непровідні частини освітлення електрообладнання. Високі температури сприяють рясному потовиділенню і високій відносній вологості - поганому випаровуванню поту і, як результат, зволоженню шкіри людини під час пологів. Опір зволоженої шкіри різко знижує загальний електричний опір тіла. Це збільшує струм, що проходить через тіло людини, і збільшує ризик отримання травм. Провідні підлоги - ґрунтовий бетон, залізобетон, залізобетон на зовнішніх відкритих електричних системах підсистеми лобового скла аеропорту також збільшують ризик ураження електричним струмом при обслуговуванні електрообладнання підсистеми висувних вогнів аеропорту.

Обслуговування електричних систем в аеропортах цивільної авіації часто виконується в обмежених умовах, коли можливо випадкове торкання як струмопровідної частини, так і металевих частин електрообладнання, які одночасно надійно заземлені. Такий контакт з людьми дуже небезпечний, оскільки ізоляція мережевих кабелів не грає захисної ролі. Ці умови визначають ступінь небезпеки ураження електричним струмом.

### 3.9. Технічні заходи, що виключають або обмежують вплив небезпечних та пошкоджуючих речовин на технічний персонал

Заходи з електробезпеки.

Відповідно до [7], електрична безпека повинна бути гарантована:

- проектування електричних систем;
- технічні методи та засоби захисту;
- організаційно-технічні заходи.

Для забезпечення електробезпеки наступні технічні засоби повинні використовуватися окремо або в поєднанні один з одним:

- захисна земля;
- Нульова точка;
- еквіпотенціальна сполука;
- низькі напруги;
- електричне розділення мереж;
- захисне відключення;
- ізоляція струмопровідних частин;
- компенсація струмів замикання на землю;
- пристрої захисту;
- попереджувальна сигналізація, блок, знаки безпеки;
- Захисне обладнання та запобіжний пристрій.

Для забезпечення безпеки при роботі в існуючих електроустановках необхідно вжити таких організаційних заходів [8]:

- Призначення відповідальних за організацію та виконання робіт;
- оформити замовлення або замовлення на роботу;
- Здійснення допуску до роботи;
- Організація авторського нагляду за твором;
- Запис про припинення роботи, зупинки роботи, переведення на інші робочі місця.

Щоб забезпечити безпеку при виконанні робіт із зниження напруги в існуючих електричних установках або поблизу них, необхідно вжити таких технічних заходів [8]:

1. Відключення системи від електромережі;
2. Механічне замикання приводів відключених робочих пристроїв, зняття запобіжників, звільнення кінців ліній електропередач та інші заходи, що запобігають неправильному подаванню напруги на робочому місці;
3. Встановлення знаків безпеки та захисних елементів струмоведучих частин, залишених під напругою, які під час роботи можна торкнутися або вивести на неприпустиму відстань;
4. Кладка заземлення;
5. Огородження на робочому місці та встановлення необхідних знаків безпеки.

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу під час монтажних робіт забороняється:

- розпочати роботу на людях, які не пройшли інструктаж з правил безпечної експлуатації електричних систем;

- використовувати елементи, інструменти та інші робочі засоби, які не можна використовувати під час монтажу та введення в експлуатацію;
- проводити роботи на електроустановках без захисного заземлення;
- виконувати монтажні та пусконаладжувальні роботи під робочою напругою.

### 3.9. Розрахунок захисного заземлення

Розрахувати захисне заземлення підстанції 6/0,4 кВ в однорідному ґрунті.

Вихідні дані. Трансформаторна знижувальна підстанція має два трансформатори 6/0,4 кВ із заземленими нейтралями на стороні 0,4 кВ і розміщена в окремому одноповерховому приміщенні розмірами 15×20 м.

Поблизу станції розміщена частково заглиблена в ґрунт металева технологічна конструкція, яка може бути використана як природний заземлювач, що має опір розтікання струму  $R_E = 12$  Ом.

Розв'язання. Струм замикання визначимо за відомою протяжністю кабельних ліній 6 кВ  $L_{\text{кл}} = 47$  км і повітряних ліній  $L_{\text{пл}} = 54$  км.

Як вертикальні одиночні заземлювачі використаємо стержні завдовжки

$L_{\text{ст}} = 6$  м, діаметром  $d = 20$  мм.

Верхні кінці стержнів з'єднуються за допомогою зварювання сталлюю смугою, прокладеною горизонтально на глибині  $H_{\text{см}} = 0,8$  м, загальною довжиною  $L_{\text{см}} = 71$  м, перетином 4×40 мм.

Розраховані питомі опори ґрунту для вертикальних заземлювачів (стержнів) завдовжки 6 м  $\rho_{\text{роз.ст}} = 130 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а для горизонтальної смуги -  $\rho_{\text{роз.см}} = 180 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Для визначення опору розтікання струму від заземлювача заздалегідь визначимо струм замикання на землю на стороні 10 кВ за такою формулою:

$$I_3 = \frac{U}{350} (35L_{\text{кл}} + L_{\text{пл}}) = \frac{6}{350} \cdot (35 \cdot 47 + 54) = 29,1 \text{ А},$$

де  $U$  – напруга трансформатора з боку високої напруги, кВ;

$L_{\text{кл}}, L_{\text{пл}}$  - протяжність кабельних і повітряних ліній відповідно, км.

Опір розтіканню струму від штучного заземлювача, який використовуватиметься як загальний для електроустановок у мережі 6 кВ і 0,4 кВ, визначаємо відповідно до вимог ПУЕ-86.

Під час розрахунку заземлювача в однорідній землі за напруженням дотику, маючи у своєму розпорядженні найбільше допустиме значення, визначимо найбільший допустимий розрахунковий опір заземлювача за формулою:

$$R_3 = \frac{U_{\text{доп}}}{I_3} = \frac{125}{29,1} = 4,3 \text{ Ом},$$

де  $U_{\text{доп}}$  - найбільше допустиме значення напруги дотику з урахуванням падіння напруги в опорі основи, на якій стоїть людина, беремо 125 В.

Необхідний опір штучного захисного заземлення  $R_{\text{шв}}$  підстанції з урахуванням штучного  $R_3$  з природним  $R_e$ , визначимо за формулою:

$$R_{\text{шв}} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} = \frac{12 \cdot 4,3}{12 - 4,3} = 6,7 \text{ Ом}.$$

Розраховуючи штучне заземлення, вибираємо контурне, розміщене по периметру підстанції. Вертикальні стержневі заземлювачі забиваємо в ґрунт на відстані  $a = 6,4 \text{ м}$  один від одного.

З попереднього розташування заземлювачі видно, що за довжини горизонтальної з'єднувальної смуги  $L_{CM} = 71$  м можна забити 11 вертикальних заземлювачів.

Розрахуємо опір розтіканню електричного струму від одиничного вертикального  $R_{CT}$  і горизонтального  $R_{CM}$  заземлювача за формулами:

$$R_{CT} = 0.366 \frac{\rho_{розр}}{L_{CT}} \left( \lg \frac{2L_{CT}}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4H + L_{CT}}{4H - L_{CT}} \right) = 0.366 \frac{130}{6} \left( \lg \frac{2 \cdot 6}{0.02} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3.55 + 6}{4 \cdot 3.55 - 6} \right) = 23.6 \text{ Ом};$$

$$R_{CM} = 0.366 \frac{\rho_{розр.см}}{L_{CT}} \lg \frac{2L_{CM}^2}{bH_{CM}} = 0.366 \frac{180}{71} \lg \frac{2 \cdot 71^2}{0.04 \cdot 0.8} = 5.1 \text{ Ом}.$$

Визначимо коефіцієнт використання одиничного стержневого заземлювача  $\eta_{CT}$  і коефіцієнт використання смуги  $\eta_{CM}$  за співвідношенням  $a/L = 6,4/6 = 1,06$ ,  $n = 11$  од.

Коефіцієнт становить  $\eta_{CT} = 0,55$ ,  $\eta_{CM} = 0,35$ .

Опір розтіканню струму від штучного контурного заземлювача  $R_{K3}$  визначимо за формулою:

$$R_{K3} = \frac{R_{CT} \cdot R_{CM}}{R_{CT} \cdot \eta_{CM} + n R_{CM} \eta_{CT}} = \frac{23,6 \cdot 5,1}{23,6 \cdot 0,35 + 11 \cdot 5,1 \cdot 0,55} = 3,077 \text{ Ом}$$

Розрахований опір  $R_{K3} = 3,077$  Ом менший від необхідного опору штучного захисного заземлення  $R_{ШВ} = 3,69$  Ом, тому цей контур нас задовольняє. Контур складається з 11 вертикально забитих сталених стержнів завдовжки 6 м, діаметром 20 мм, забитих на відстані 6,4 м один від одного, сполучених між собою сталюю смугою 4×40 мм завдовжки 71 м і з природною металевою конструкцією.

### **3.10. Забезпечення пожежної і та вибухової безпеки підсистеми глісадних вогнів злітно-посадкової смуги**

Пожежна безпека повинна бути гарантована:

- протипожежна система;
- система протипожежного захисту;
- організаційно-технічні заходи.

Небезпечними факторами пожежі, які впливають на людей, є:

1. Відкритий вогонь та іскри;
2. Висока температура середовища, предметів;
3. Отруйні продукти горіння;
4. Куріння;
5. Знижена концентрація кисню;
6. Падіння частин конструкцій, агрегатів, будівельних установок;
7. Небезпечні фактори вибуху.

Вимоги до системи пожежогасіння.

Запобігання пожежі необхідно досягати двома шляхами:

1. Запобігання утворенню горючих середовищ;
2. Запобігання утворенню джерел займання у горючому середовищі.

Необхідно передбачити запобігання утворенню горючого середовища:

- максимально можливе використання негорючих та негорючих матеріалів;
- ізоляція паливного середовища;
- підтримувати концентрацію легкозаймистих газів, парів, окислювального пилу в суміші за межами їх займання;



- підтримка його температури і тиску, що виключає поширення полум'я;
- встановлення обладнання, що загрожує пожежею, якщо це можливо, в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках;
- використання ізольованих відсіків.

Необхідно запобігти утворенню джерел займання у горючому середовищі:

- використання машин, механізмів, обладнання, приладів, під час роботи яких не утворюються джерела запалення;
- використання енергетичного обладнання, відповідно до пожежо-вибухових зон, груп та категорій вибухонебезпечних сумішей відповідно до вимог «Правил пристрою електроустановок»;
- використання в конструкції високошвидкісних засобів захисного гасіння можливих джерел займання;
- застосування технологічних процесів та обладнання, що відповідають вимогам власної електростатичної безпеки згідно з ГОСТ 11018-86;
- встановлення блискавкозахисних приладів;
- підтримувати температуру нагрівання поверхонь обладнання, механізмів, які можуть контактувати з паливною середовищем, нижче максимально допустимої, що становить 80% від мінімальної температури самозаймання палива;
- виключення можливості іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, що дорівнює або перевищує мінімальну енергію займання;
- використання інструментів, що не іскрять, при роботі з легкозаймистими рідинами та легкозаймистими газами;
- усунення умов для самозаймання перетворених речовин, продуктів та конструкцій;
- усунення контакту з повітрям пірофорних речовин;

- зменшення вирішального розміру паливного середовища нижче гранично допустимої горючості;

- дотримання встановлених правил пожежної безпеки.

Вимоги до системи протипожежного захисту.

Протипожежний захист має бути забезпечена за рахунок використання:

- засоби гасіння пожеж та відповідні види протипожежного обладнання;

- автоматичні системи пожежної сигналізації і пожежогасіння;

- основні будівельні конструкції об'єктів з регламентованими межами вогнестійкості та поширення вогню.

Організаційно-технічні заходи пожежної безпеки.

Організаційно-технічні заходи повинні включати [8]:

- організація протипожежного захисту відповідного виду, кількості і технічних засобів;

- сертифікація речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів і об'єктів в області пожежної безпеки;

- організація навчання робітників, службовців правилам пожежної безпеки;

- розробка і впровадження норм і правил пожежної безпеки, інструкцій по порядку роботи з горючими речовинами та матеріалами, дотримання пожежного режиму і діям людей при пожежі;

- розробка заходів дій адміністрації, робітників, службовців під час пожежі і організація евакуації людей;

- виготовлення і застосування засобів візуального перемішування для забезпечення пожежної безпеки.

### 3.11. Правила техніки безпеки, пожежної та вибухобезпеки

1. Тільки технічний персонал, який пройшов спеціальну підготовку в області технічної експлуатації обладнання SSA і має мінімальну групу IV з електробезпеки, може виконувати установку устаткування підсистеми планерних вогнів ЗПС.

2. Технічний персонал, який виконує серію монтажних робіт на обладнанні SSA, зобов'язаний:

знати:

- принцип дії і розташування всіх елементів світлосигнального обладнання, що входять в підсистему планують вогнів типу Папі, і елементів, які використовуються для його установки і регулювання;

- правила технічної експлуатації встановлюється, що діагностується і настроюється світлосигнального обладнання;

- правила використання засобів захисту при установці, пусконаладке й випробуваннях;

- обсяг і порядок виконання монтажних робіт, випробувань, операцій технічного контролю, діагностики та налаштування обладнання ССА;

- Правила надання першої допомоги при ураженні електричним струмом і вмiти їх практично дотримуватися.

виконати:

- дотримання всіх вимог безпеки, охорони праці та навколишнього середовища при установці, випробуванні та введенні в експлуатацію;

- всі режими роботи, встановлені нормативно-технічною документацією для кожного з видів продукції, що підлягає установці, контролю і налаштування;

- всі операції, встановлені нормативно-технічною документацією по випробуванню елементів обладнання перед їх використанням для монтажних робіт.

3. З метою забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу при проведенні монтажних робіт забороняється:

- приступити до роботи осіб, які не пройшли інструктаж з правил безпечної експлуатації електроустановок;
- використовувати вийшли з ладу елементи, інструменти та інші засоби роботи при монтажі і пуско-налагодження;
- проводити роботи з електроустановками, що не мають захисного заземлення;
- проводити монтажні та налагоджувальні роботи під робочою напругою.

#### 4. Особливі заходи безпеки

Під час монтажних робіт підсистеми ковзних вогнів злітно-посадкової смуги, обслуговуючий персонал, механізми, матеріали, що використовуються для монтажу та налагодження обладнання, земляні траншеї, земляні ями, створені під час ремонту кабельної лінії, є тимчасовими перешкодами для літаків політ в районі аеродрому.

Враховуючи, що роботи з монтажу та налаштування підсистеми ковзання світла злітно-посадкової смуги проводяться всередині злітно-посадкової смуги, обслуговуючий персонал повинен дотримуватися спеціального додаткового обладнання безпеки. Ці заходи безпеки, з одного боку, застосовуються до обслуговуючого персоналу, який виконує монтажні та налагоджувальні роботи в межах злітно-посадкової смуги аеродрому, а, з іншого боку, виконання монтажних та налагоджувальних робіт не повинен загрожувати безпеці польотів літаків, що злітають, посадка та руління. в районі аеродрому.

Аеродромні технологічні ліхтарі та електричне обладнання підсистеми ковзання злітно-посадкової смуги розташовані на відстані не більше 3-15 м від

бокових країв та кінців злітно-посадкової смуги. Це бічні вогні злітно-посадкової смуги, вхідні та пограничні ліхтарі, а також вогні злітно-посадкової смуги. Таким чином, ділянку, в якій виконуються монтажні та пусконаладжувальні роботи, можна віднести до першої робочої зони відповідно до нормативно-технічного документа СВ ЦАУ, №2□. Ця зона охоплює територію в межах 20 м від краю злітно-посадкової смуги для аеродромів усіх класів.

Отже, роботи з монтажу та регулювання підсистеми легкого ковзання злітно-посадкової смуги, що проводяться в зоні 1, будуть виконуватися відповідно до вимог додатку 3 до пункту 6.1.7. SV CAU U2□.

Основними вимогами до заходів безпеки при виконанні робіт в зоні 1 злітно-посадкової смуги є наступні:

1. Робота в районі колії 1 буде проводитися одночасно лише з одного боку колії.

2. Площа перешкоди не повинна перевищувати 9 м<sup>2</sup>, однак, як виняток, передбачається встановити вузькі траншеї площею не більше 28 м<sup>2</sup>. Це означає, що під час монтажу кабелю довжина траншеї не повинна перевищувати 70 м при її ширині 0,4 м.

3. При створенні земляних стін їх максимальна висота не повинна перевищувати 1 м.

4. Рови, траншеї, ями, колодязі, земляні насипи повинні бути ліквідовані після виконання кожного з комплексів робіт. Кабельні траншеї слід заповнювати пошаровим ущільненням ґрунту.

5. Коли злітно-посадкова смуга використовується повітряним судном, жодне обладнання або транспортний засіб (механізм) не повинні знаходитися в зоні 1.

Керівник робіт з ремонту обладнання SSA повинен забезпечити технічне обслуговування, ремонт та технічне обслуговування електроосвітлювального обладнання відповідно до вимог чинних норм.

## **4.1. Висновки**

1. Після аналізу принципу роботи та умов експлуатації підсистеми ковзаючих ліхтарів злітно-посадкової смуги були розроблені заходи, що забезпечують безпечні та нешкідливі умови праці під час експлуатації, монтажу, демонтажу, технічного обслуговування та технічного обслуговування. ремонт спроектованої підсистеми. .
2. За результатами аналізу вимог протипожежного захисту та умов експлуатації підсистеми ковзаючого світла розробляються заходи пожежної та вибухобезпеки, що проектується.
3. За результатами аналізу експлуатаційних умов та діючих нормативно-технічних документів у галузі цивільної авіації проводиться інструкція з технічної безпеки, пожежної безпеки та вибухів для підсистеми ковзання легкої злітно-посадкової смуги.

## **ВИСНОВОК**

Ця теза заснована на тому, що в нормативно-технічних документах ІКАО не існує методу визначення положення планерних вогнів, є лише деякі положення та вимоги. На цій основі необхідно розробити унікальну методологію, що містить чітку процедуру та докладні рекомендації щодо визначення положення планерних вогнів.

В результаті аналізу українських нормативно-технічних документів цивільної авіації та стандартів та вимог ІКАО сформульовано загальні положення та вимоги щодо розміщення ковзних вогнів злітно-посадкової смуги, підтверджено необхідні вихідні дані. для визначення положення підсистеми планера злітно-посадкової смуги. На основі сформульованих умов та вибраних вихідних даних складається методика з точним алгоритмом визначення положення підсистеми ковзних вогнів, а також визначення електричної потужності кабельних ліній для живлення підсистем розроблених планерних вогнів ШЗПС.

На основі вищезазначених нормативно-технічних документів сформульовано загальні положення та вимоги щодо розміщення ковзних вогнів ЗПС. Згідно з нормативно-технічним документом, підсистема ковзання вогнів злітно-посадкової смуги - система візуальної індикації шляху ковзання типу RARI повинна складатися з чотирьох вогнів, розташованих з лівого боку ЗПС. Допускається розміщення планерних вогнів на правій стороні злітно-посадкової смуги, якщо неможливо встановити їх на лівій стороні, або вони можуть бути встановлені по обидва боки злітно-посадкової смуги. У системі RARI інтервали між вогнями повинні мати чіткий малюнок і, отже, повинні становити  $9 \pm 1$  м, а світло, найближче до злітно-посадкової смуги, повинно знаходитися на відстані  $15 \pm 1$  м від її краю. Для системи RARI на злітно-посадковій смузі класу D, E інтервали між вогнями становлять  $6 \pm 1$  м, а відстань від краю ЗПС до внутрішнього освітлення становить  $10 \pm 1$  м. Ковзаючі вогні також повинні бути на одному рівні. Якщо поперечний нахил аеродрому не дозволяє задовольнити цю вимогу, різниця у висоті сусідніх ліхтарів не повинна перевищувати 5 см. Максимальний нахил лінії фар повинен становити 1,25%. Вісь вогнів (системна вісь) RARI повинна бути паралельна осі ЗПС. Відхилення світлових осей (осей системи) від напрямку осі ЗПС на кут до  $5^\circ$ , якщо необхідно перемістити відповідний кут поверхні захисту від перешкод.

Оптимальна відстань вогнів системи RARI від порогу злітно-посадкової смуги визначається наступними вимогами: та пороговими вогнями злітно-посадкової смуги. Після визначення бажаного кута ковзання (звичайно) та відповідних кутів регулювання параметри визначаються наступним чином: Якщо на злітно-посадковій смузі відсутня система посадки приладів, спочатку слід визначити запас висоти злітно-посадкової смуги. бажане рамне колесо на порозі злітно-посадкової смуги для типів аеропортів. Значення "MENT", яке дає запас висоти каркасних коліс над порогом злітно-посадкової смуги, дорівнює сумі відстані від рівня очей вершника до колісних рамок та запасу бажана висота колії. каркасні колеса вище порогу злітно-посадкової смуги. Розрахунок номінального положення РІДКИХ вогнів базується на припущенні, що вони суміщені з відповідною ділянкою центральної лінії злітно-посадкової смуги, і цей рівень, у свою чергу, є пороговим рівнем злітно-посадкової

смути. Номінальна відстань Рідкісних вогнів від порогу злітно-посадкової смуги визначається як добуток бажаного значення "MENT" на котангенс кута М.

На злітно-посадкових смугах із злітно-посадковою смугою шлях ковзання РАРІ повинен якомога ближче збігатися із шляхом ковзання систем радіосаженя. Якщо шлях ковзання ILS (SP) відрізняється від номінального шляху ковзання на 5  $\phi$  або більше, допустимо встановити ковзаючий шлях РАРІ з кутом кроку ковзання ILS (SP), а не номінальним. Якщо обладнання ILS встановлене на злітно-посадковій смузі, система РАРІ повинна розташовуватися біля фактичного початку шляху ковзання ILS. На бажане положення впливатиме середня вертикальна відстань від рівня очей пілота до антени ILS. Слід забезпечити оптимальну сумісність РАРІ з ILS для всього діапазону вертикальних відстаней між висотою очей пілота та антеною літака. Відстань, яку слід перемістити вогнями РАРІ від фактичної початкової точки шляху ковзання ILS, дорівнює добутку середнього значення відстані від рівня очей пілота до антени ILS на коефіцієнт кута ковзання ковзання. Значення відстані вогнів від порога колії повинно бути таким, щоб підтримувати висоту коліс рами над порогом колії. Тобто, відстань ліхтарів ковзання від порогу злітно-посадкової смуги обчислюється таким чином, щоб забезпечити оптимальний збіг шляху ковзання РАРІ з ILS. Критерієм оптимальності є відстань ковзаючих вогнів від порогу злітно-посадкової смуги, при якій вертикальна відстань від "променя" РАРІ до порогу злітно-посадкової смуги відповідає опорній точці ILS.

Остаточне розташування вогнів визначається співвідношенням між кутом посадки на посадку, різницею в рівні встановлення вогнів щодо порогу злітно-посадкової смуги та мінімальною висотою, з якої пілот над порогом злітно-посадкової смуги бачить вказівку РІДКІ вогні "на злітно-посадковій смузі" - два білих, два червоних - MENT ». Кут М, який використовується для визначення "MENT", менший за кут налаштування фокусу, який визначає нижню межу індикації шляху ковзання (тобто фокус №2). Номінальну відстань положення планерних вогнів від порогу злітно-посадкової смуги необхідно регулювати, якщо висота осі ЗПС, що відповідає номінальній відстані, відрізняється від рівня порогу



злітно-посадкової смуги більш ніж на 0,3 м, і якщо висота вогнів RARI відрізняється від висоти осі ЗПС, що відповідає положенню RARI, розміром більше 0,3 м. У випадках, коли різниця між відносною висотою порогу злітно-посадкової смуги та відносною висотою вогнів RARI перевищує 0,3 м на номінальній відстані від порогу злітно-посадкової смуги, необхідно перемістити вогні RARI з їх номінального положення. Ця відстань буде більшою, якщо номінальне положення нижче порогового значення злітно-посадкової смуги, і навпаки, якщо зазначене положення знаходиться вище порогу злітно-посадкової смуги. Рідкісні ліхтарі повинні встановлюватися на мінімальній висоті не більше 0,9 м над рівнем землі. Жоден предмет не повинен виступати над поверхнею захисту перешкод системи візуальної індикації маршруту спуску.

На основі загальних вимог до положення планерних вогнів розроблений алгоритм визначення положення системи RARI. Цей алгоритм спочатку визначає фактичний початок шляху ковзання ILS для однорівневої злітно-посадкової смуги, потім середню вертикальну відстань між рівнем очей пілота та антеною ILS, виходячи з цих даних, номінального положення вогнів та визначення "МЕНТ". Далі відстежується запас висоти колеса рами над порогом злітно-посадкової смуги на основі відповідних даних для кожного літака, що використовує цю злітно-посадкову смугу. Далі необхідно відрегулювати номінальне положення планерних вогнів з урахуванням відносних висот поздовжнього профілю злітно-посадкової смуги, а також регулювання з урахуванням висоти лінз систем оптичного освітлення. Для визначення загальної похибки обчислень виконується зворотна перевірка "МЕНТ". Після обчислення положення системи індикації шляху ковзання визначається електрична потужність кабельних ліній з метою оптимального вибору потужності диммерів з технічної та економічної точки зору.

На основі сформульованих положень та вихідних даних аеропорту "Івано-Франківськ" було проведено розрахунок положення системи RARI на ШЗПС МК-18 та МК -198 з ІЛС. Крім того, вихідні дані для визначення потужності кабельних ліній підсистем вогнів аеропорту та вибору диммерів і на їх основі розраховували

потужність кабельних ліній підсистем висувних вогнів ШЗПС для обох магнітні курси та для вибраних диммерів.

Після аналізу нормативно-технічних документів ІКАО та СВ САУ було створено методологію для кількісної оцінки впливу показників надійності підсистеми ковзного світла аеропорту на рівень безпеки польотів на фазі візуального пілотування. Визначено критерій відмови підсистеми RARI, а також критерій відмови кожного з її елементів. На основі методології теорії надійності та сформульованого критерію відмови було розраховано надійність підсистеми RARI та визначено її вплив на безпеку польоту.

Всі розраховані дані можна рекомендувати для встановлення системи індикації ковзаючих шляхів RARI в аеропорту "Івано-Франківськ".

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Руководство по проектированию аэродромов. Ч. 4. Визуальные средства. 4-е изд. – 2004. Doc.9157, AN/901.
2. Сертифікаційні вимоги до цивільних аеродромів України. Наказ Державіаслужби України від 17.03.2006, № 201.
3. ИКАО «Аэродромы» Том 1 Проектирование и эксплуатация аэродромов. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Издание пятое – июль 2009 год.
4. Руководство по проектированию аэродромов. Ч. 5. Электрические системы. 1-е изд. – 1983. Doc.9157, AN/901.
5. С. Дев'яткіна Визначення критеріїв відмови світлосигнальних систем аеродромів / Вісник НАУ. – 2006. – № 1. – с. 207 – 211.
6. Методика кількісної оцінки впливу надійності світлосигнальних систем аеродромів на рівень безпеки польотів. Методична розробка / Уклад.: С. С. Дев'яткіна. - К.: НАУ, 2006 – 16 с.
7. Охрана труда: Методические указания по дипломному проектированию/ Сост.: А. С. Протоерейский, И. М. Боровик, В. П. Чмут – К.: КМУЦА, 2000-60с.
8. Охорона праці в галузі: Навч. посіб. – К.: Книжкове видавництво НАУ,

2005. – 268 с.

9. Українсько-російсько-англійський термінологічний словник «СИСТЕМИ СВІТЛОСИГНАЛЬНІ АЕРОДРОМНІ» Міністерство освіти і науки України Національний авіаційний університет, В.М. Азарсков, С.Г. Ванецян, С.С. Дев'яткіна, Київ – 2002.