

Реферат

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Система попередження зіткнення з землею на літаку»: 110 сторінок, 40 рисунків, 7 таблиць, 17 використаних джерел.

Ключові слова: повітряне судно, зіткнення, рельєф, система попередження, профільний політ.

Об'єкт дослідження – це процес при якому відбувається зіткнення повністю справного повітряного судна з землею внаслідок: неточного, невчасного, неповного забезпечення екіпажу інформацією про наявність штучних або природніх перешкод на траєкторії польоту.

Предметом дослідження являється система попередження зіткнення з землею, вітчизняна СРППЗ, а також її закордонний аналог EGPWS.

Мета дипломної роботи – модернізація системи раннього попередження зіткнення із землею, шляхом застосування радіовисотоміра великих висот в якості датчика, який має фізичний зв'язок із земною поверхнею для виконання функцій РЛПП.

Установлено, що при польотах на малих висотах різко збільшується вірогідність виникнення катастрофи категорії CFIT. Цей факт пояснюється тим, що при наближенні до землі і виконанні профільного польоту, скажімо при виконанні передпосадкових маневрів, підвищується складність оцінки навколишньої ситуації через обмежені можливості людини-оператора (пілота). Такі обставини вимагаються впровадження системи, що дозволить генерувати попередження та рекомендації для уникнення перешкод під час пілотування в ручному режимі, а також забезпечення командами систему автоматичного керування в режимі автопілоту.

ЗМІСТ

	Вступ.....	7
1.	Режими роботи та основні функції системи раннього попередження приближення землі.....	10
	1.1. Оснащення літаків СРППЗ та її функції.....	12
	1.2. Опис та склад системи TAWS.....	17
	1.3. Режими роботи системи EGWS (TAWS).....	24
2.	Системи раннього попередження приближення землі сучасних повітряних суден.....	37
	2.1. СРППЗ-2000 система раннього попередження наближення землі вітчизняного літака літака Ан-148.....	37
	2.2. Система раннього попередження приближення землі літака Іл-76.....	45
	2.3. Система попередження наближення до землі літака Boeing 737.....	57
3.	Використання радіолокатора профільного польоту в якості датчика системи раннього попередження приближення землі.....	62
	3.1. Профільний політ повітряного судна.....	62
	3.2. Імпульсний радіолокатор профільного польоту.....	67
	3.3. Імпульсний радіовисотомір великих висот.....	70
	3.4. Розрахунок енергетичних характеристик радіолокатора профільного польоту на основі імпульсного радіовисотоміра великих висот.....	77

	3.5 Застосування імпульсного радіовисотоміру великих висот в якості радіолокатора профільного польоту для СРППЗ.....	81
4	Охорона навколишнього середовища.....	87
	4.1 Вплив авіаційного транспорту на атмосферу, навколишнє середовище та живі організми.....	87
	4.2 Шляхи зменшення негативного впливу авіаційної галузі на довкілля та живі організми.....	96
5	Охорона праці.....	98
	5.1 Вентиляція в робочих приміщеннях (лабораторії).....	99
	5.2 Характер приміщення за ступенем небезпеки враження людини електричним струмом.....	99
	5.3 Пожежна безпека.....	103
	5.4 Заходи безпеки при проведенні робіт.....	104
	Висновки.....	108
	Список використаних джерел.....	109

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

СРППЗ – система раннього попередження приближення землі

ОСЛ – обчислювальна система літаководіння

РЛС – радіолокаційна станція

ПС - повітряне судно

ІСАО – міжнародна організація цивільної авіації

СППЗ – система попередження приближення землі

ССНЗ – система сигналізації небезпечного зближення

ЗПС – злітно-посадкова смуга

РУД – ручка управління двигунами

УПР – управління повітряним рухом

РМС – радіомаякова система

ІКВШП – інформаційний комплекс висотно-швидкісних параметрів

СУЗЛО – система управління загально літаковим обладнанням
БО – бортовий обчислювач
КСЕІС – комплексна система електронної індикації і сигналізації
РУ – розподільче устрійство
БФІ- багатофункціональному індикаторі
О- бортовому обчислювачі
СНС-супутникова навігаційна система
БДР- бази даних рельєфу
РЛПП- радіолокаційних станцій профільного польоту
ЛА – літальний апарат
МВП – мало-висотний політ
ДНА – діаграма направленості антени
СРП – сумарно-різницевий пристрій
АП – антенний перемикач
ФД – фазовий детектор
АД – амплітудний детектор

Вступ

Авіаційний транспорт вважається одним із найбезпечніших у світі. За останні пів сторіччя показник смертності суттєво зменшився з ймовірності 1:264 тисяч до 1:127,5 мільйонам.

Ситуація в якій повітряне судно в справному стані допускає зіткнення із землею має назву CFIT (Controlled flight into terrain).

Для запобігання таких ситуацій необхідне якісне управління можливостями екіпажу CRM (Crew Resource Management), а також управління зі сторони служби АТС (керування повітряним рухом).

Для уникнення зіткнення з землею інженерами розроблялись різноманітні системи для розширення можливостей літакових систем. Дані пристрої мають узагальнену назву ТАWS (Terrain Awareness and Warning System), що значить система попередження зіткнення з землею.

Перше покоління таких систем називались Ground Proximity Warning System (GPWS) в якості основного пристрою використовувався радіовисотомір. Однак для розширення можливостей системи, в одному блоці поєднали базу даних рельєфу (terrain database) і GPS, так з'явилась система наступного покоління, що мала розширені характеристики її назва Enhanced Ground Proximity Warning system (EGPWS). TAWS і EGPWS можуть видавати пілоту обов'язкові до виконання інструкції у випадку небезпечного зближення із землею поверхнею.

Застосування систем раннього попередження зіткнення із землею (далі - СРППЗ) дозволяє збільшити час, наданий екіпажу для прийняття рішення і виправлення похибок пілотування.

За останні роки значно вдалось підвищити функціональність систем описаних раніше. Це стало можливим завдяки встановленню режимів раннього попередження наближення до землі (функція оцінки місцевості в напрямку польоту, попередження про передчасне зниження висоти) та індикації ступеня небезпеки навколишнього рельєфу місцевості на дисплеї льотчика.

Таким чином значно збільшився час, за який екіпаж має прийняти рішення для виправлення ситуації.

Сучасні системи СРППЗ та їх закордонні аналоги EGPWS для своєї роботи застосовують інформацію інших систем літака таких як радіовисотоміри малих висот, системи повітряних сигналів, курсовертикалі, радіонавігаційні, супутникові та інерціальні навігаційні системи, системи посадки. Для прогнозування траєкторії польоту літального апарату та подальшого аналізу можливого перетину цієї траєкторії із землею (водною) поверхнею, система СРППЗ використовує інформацію обчислювальної системи літаководіння (ОСЛ), або її закордонного аналога FMC (Flight Management Computer).

Принципом на якому побудована система є накопичення інформації від датчиків, аналіз цієї інформації та порівняння її із критичними межами польотних параметрів. Критичні межі залежать від аеродинамічних параметрів та характеристик міцності планера літака. До того ж знаючи місцеположення, курс, висоту польоту та швидкість повітряного судна система СРППЗ може

прогнозувати траєкторію руху літка та порівнюючи її із польотним планом (Flight plan) попереджувати про можливі завади на шляху польоту.

При аналізі роботи систем СРППЗ (EGPWS) було підмічено, що контроль польоту повітряних суден виконується на висотах до 1500 м – радовисотоміром малих висот та барометричним висотоміром, а на висотах понад 1500 м – лише барометричним висотоміром. Тобто, на висотах більше 1500 м вимірювання висоти польоту та вертикальної швидкості виконується непрямыми датчиками (опосередковано), тому що відсутній фізичний зв'язок літального апарату із земною поверхнею.

Як підсумок, наявність похибок барометричних висотомірів, що спричинені інструментальними похибками та непрогнозованою зміною характеристик повітряного середовища, не дозволяють системі СРППЗ (EGPWS) спрогнозувати безпечну висоту польоту в упередженій точці.

Виключити дані недоліки можливо із застосуванням на борту літальних апаратів системи СРППЗ в складі якої буде радіовисотомір великих висот, який дозволяє визначати істинну висоту польоту на висотах до 25000 м, та радіолокатора профільного польоту.

Висунутий підхід виконання польоту на малій висоті зі вимірюванням похилої дальності для виявлення зміни рельєфу місцевості використовується у військовій авіації. На літаках військової авіації для безпечного виконання польотів на низьких висотах в умовах гірського рельєфу застосовуються радіолокаційні станції (далі - РЛС) профільного польоту. Імпульсні РЛС профільного польоту слугують для підвищення безпеки польоту при керуванні літаком на малих висотах. Основна ідея системи закладена в тому, щоб вимірювати похилу дальність до земної поверхні перед літаком та автоматичному керуванні літаком у вертикальній або горизонтальній площині з дотриманням постійної безпечної упередженої висоти над земною поверхнею.

В даній роботі, для вирішення завдань фізичного вимірювання істинної висоти польоту над земною поверхнею на висотах понад 1500 м та для фіксації зміни рельєфу місцевості на шляху польоту літака, пропонується застосовувати

радіовисотомір великих висот, який в певних умовах може застосовуватись у якості радіолокатора профільного польоту.

Тема та актуальність цієї дипломної роботи були зумовлені важливістю вирішення проблеми безпечного маловисотного польоту для зменшення кількості авіаційних пригод спричинених зіткненням справних та контрольованих літаків з земною поверхнею.

РОЗДІЛ 1

РЕЖИМИ РОБОТИ ТА ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ СИСТЕМИ РАННЬОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРИБЛИЖЕННЯ ЗЕМЛІ

За статистикою, літак – один з найбільш безпечних видів транспорту. Шанс померти в повітряному судні лише 1 до 9821 випадків.

Компанія Boeing провела аналіз комерційних рейсів, що були здійснені з 2007 по 2016 рік по всьому світу і з'ясувалось, що 48% всіх нещасних випадків з летальними наслідками відбулись під час зниження або безпосередньо посадки літака. Враховуючи, що ці етапи займають лише 4% від всього польоту то процент дуже високий. Для порівняння під час польоту на ешелоні котрий триває близько 57% від всього часу польоту, за той же період відбулося лише 11% масштабних авіаційних пригод. Зліт і набір висоти зайняли друге місце в цьому рейтингу найбільш небезпечних етапів польоту. На них відводиться лише 13% смертельних випадків.

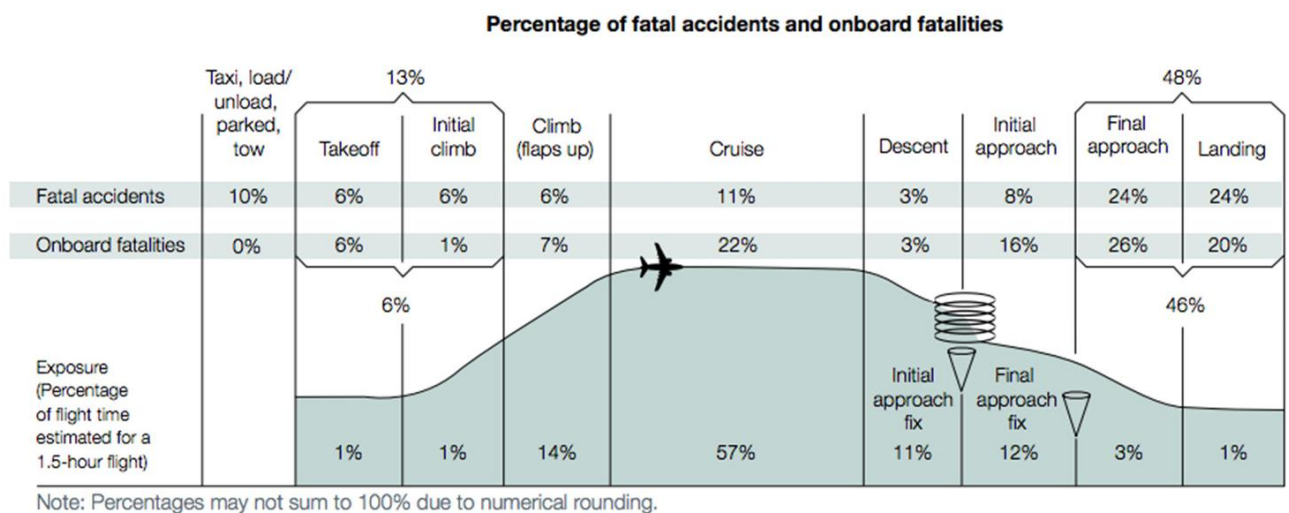


Рис. 1.1. А) Процент часу польоту на кожному етапі, розрахованого для польоту тривалістю 1.5 год; Б) Процент нещасних випадків з летальними наслідками.

Кафедра авіоніки				НАУ 20 03 75 000 ПЗ			
Виконав.	Грищенко В.С.			Система раннього попередження приближення землі. Режими роботи та основні функції.	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Павлова С. В.					10	110
Консульт.	Павлова С.В.				173 Авіоніка		
Н. Контр.	Левківський В.В						
Зав. каф.	Павлова С. В.						

Отже, для підвищення безпеки польотів в цілому, а також на етапах зльоту та посадки всі літаки після 2002 року випуску повинні в обов'язковому порядку бути обладнаними системою попередження зіткнення із поверхнею.[1]

Такою системою є GPWS – система попередження наближення землі та її удосконалена (розширена) версія EGPWS. Обидві системи класифікуються як види прийнятої в США системи попередження зіткнення з землею TAWS.

1.1. Оснащення літаків СРППЗ та її функції.

Для підвищення безпеки польотів в гірській місцевості, а також на етапах зльоту і посадки, Національна рада з безпеки на транспорті США висунула серію рекомендацій, згідно яким з 1974 року Федеральним управлінням цивільної авіації було випущено наказ про обладнання всіх реактивних і турбореактивних літаків системами попередження зіткнення з землею.

Загальноприйнята класифікація літаків, що в обов'язковому порядку підлягають встановленню системи попередження наближення землі (GPWS):

- літаки з газотурбінними двигунами, максимальна сертифікована злітна маса яких перевищує 5700 кг або на борту яких дозволено провезення більше 9 пасажирів, обладнуються системою попередження про близькість землі, що має функцію оцінки рельєфу місцевості у напрямку польоту.

- літаки з газотурбінними двигунами, максимальна сертифікована злітна маса яких складає 5700 кг або менше і на борту яких дозволено провезення більше 5, але не більше 9 пасажирів, повинні бути обладнані системою попередження про близькість землі, що має функцію оцінки рельєфу місцевості у напрямку польоту.

- літаки з поршневими двигунами, максимальна сертифікована злітна маса яких перевищує 5700 кг або на борту яких дозволено провезення більше 9 пасажирів, повинні бути обладнані системою попередження про близькість землі, що має функцію оцінки рельєфу місцевості в напрямку польоту.

Попередження екіпажу відбувається в автоматичному режимі коли літак знаходиться на небезпечній відстані до земної поверхні. Система відслідковує висоту польоту, комп'ютер зберігає всю інформацію і виконує обчислення, на основі яких визначає чи є ситуація небезпечною і подає аудіовізуальні повідомлення [2].

Спрацювання системи попередження про наближення землі можуть викликати наступні ситуації:

- нестандартно висока швидкість зниження;
- занадто швидке наближення до землі;
- у випадку втрати висоти або відході на друге коло;

- небезпечний запас висоти над місцевістю, коли літак не знаходиться в посадковій конфігурації;

- шасі не випущені;

- закрилки не в посадковому положенні;

- надмірне зниження нижче приладової глісади;

Термінологія, що зустрічається, в документах ІКАО:

GPWS: Ground proximity warning system - система попередження про близькість землі

TAWS: Terrain awareness warning system - система попередження про небезпеку зближення з землею

GCAS: Ground collision avoidance system - система попередження зіткнень з землею.

Після появи EGPWS було прийнято стандарт який діє на сьогоднішній час, в якому чітко зазначались вимоги до таких систем. В даному документі було введено класифікацію систем попередження зіткнень із землею. Системи, що вміщали базу даних рельєфу і перешкод, а отже мали функцію FLTA (Forward Looking Terrain Avoidance), були віднесені до систем TAWS (Terrain Awareness and Warning System). Іншими словами EGPWS є окремим випадком TAWS [3].

TAWS складається з наступних основних частин:

- база даних рельєфу місцевості (і наземних перешкод). Основною умовою є використання бази даних тієї місцевості де виконується політ.

- джерело поточних координат. Супутникова навігація являється основою роботи системи TAWS.

- джерело даних про поточну висоту – або барометричний висотомір, або WAAS GPS. Інформація про висоту може також доповнюватися на деяких етапах польоту радіовисотоміром;

- процесор з відповідною індикацією, який обробляє інформацію, що поступає, і видає, при необхідності, попередження;

До TAWS можуть підключатися додаткові джерела інформації про стан повітряного судна - положення шасі і механізації крила і т.д.

На великі ПС встановлюється TAWS класу А, на ПС трохи менше - клас В або С. Природно, чим вище клас, тим більша кількість функцій (ситуацій, коли видається попередження) підтримується системою. Крім того, вертолітні TAWS теж мають свої особливості, пов'язані як з конструктивними особливостями вертольотів, так і з специфікою їх польотів.

Основні функції (попередження) TAWS наступні:

1. Excessive descent rate – перевищення допустимої вертикальної швидкості зниження.

При польоті літака на малій висоті з високою вертикальною швидкістю зниження, TAWS видає звуковий сигнал "SINKRATE" і звукове попередження «WHOOP WHOOP PULL UP»

2. Excessive terrain closure rate – дуже швидке зближення із землею.

В цьому випадку видається попередження для уникнення зіткнення ЛА з землею, коли виявляється швидкий ріст висоти підстилаючого рельєфу.

В такій ситуації TAWS реагує наступним чином: першим буде тональне повідомлення "TERRAIN, TERRAIN", після цього буде звучати звукове попередження "WHOOP WHOOP PULL UP"

3. Excessive attitude loss after take off or go-around – втрата висоти після зльоту або відходу на другий круг.

Видається попередження про значну втрату барометричної висоти при зльоті або відході на друге коло з малої висоти (нижче 170 футів на поверхню землі) з шасі або закрилками не в посадковій конфігурації.

Значна втрата барометричної висоти на зльоті або відході на друге коло з малої висоти призведе до тонального повідомлення «DON`T SINK».

4. Unsafe terrain clearance while gear not locked down/landing flap not selected – недостатня висота над поверхнею землі з шасі/закрилками не в посадковому положенні

Якщо літак летить дуже низько і поволі, але при цьому шасі/закрилки в не призначеному для посадки положенні, система попередить "TOOLOW, GEAR/FLAPS"

5. Below glideslope - нижче за глісаду.

При заході на посадку літак знаходиться на висоті >1000 футів і на 1,3 або більше точок глісадного радіомаяка при цьому приймає сигнал ILS, система видає «м'яке» повідомлення «GLIDESLOPE» з половинною гучністю. Коли літак знаходиться на висоті >300 футів з відхиленням від глісади в 2 і більше точок видається «жорстке» повідомлення «GLIDESLOPE, GLIDESLOPE» на повну гучність кожні 4 секунди, поки ПС не покине зону «жорсткого» попередження.

6. Altitude callouts and bank angle warnings – повідомлення про висоту і надмірний крен.

При заході, система оповіщатиме "FIVE HUNDRED", а також попереджатиме, якщо у літака дуже великий крен близько до землі.

Спочатку класичні GPWS встановлювалися тільки на великі літаки, тому вони були зобов'язані мати всі вище перелічені 6 функцій. TAWS класу А теж зобов'язані підтримувати всі 6 функцій, тоді як клас В і С зобов'язані підтримувати тільки 1, 3 і 6.

Із раніше сказаного варто згадати, що в порівнянні з GPWS у TAWS є одна істотна відмінність - TAWS прогнозує польоту в майбутньому для того, щоб оцінити чи є на шляху перешкоди приблизно на 120 секунд. Ця функція називається FLTA – Forward Looking Terrain Avoidance, функція загрози зіткнення з перешкодами по курсу польоту. Основна суть полягає в тому, що при відомих параметрах польоту процесором обчислюється можлива траєкторія. Наступним кроком є накладання траєкторії на базу даних рельєфу землі та перешкод, якщо буде виявлено потенційно небезпечне місце близьке до землі/перешкоди, ніж належить, TAWS видасть попередження. Алгоритм працює досить складно - зокрема, у нього різні мінімальні відстані до перешкод залежно від поточного етапу польоту.

Наприклад при польоті за маршрутом і маневруванні в області аеродрому висоти спрацювання будуть значно відрізнятися. Такі методи забезпечують зменшення кількості хибних спрацювань, щоб при виникненні надзвичайної ситуації у пілота не було сумнівів в тому, що при спрацюванні TAWS дійсно має

місце загроза і необхідно реагувати негайно (штурвал тягнути до себе і вмикати максимальну тягу).

Ще однією функцією TAWS є PDA, *Premature Descent Alert* (попередження про передчасне зниження). При роботі TAWS функція PDA визначає, що літак почав заходити на посадку (ближче 15 миль від торця смуги) і починає слідкувати за тим чи не знизився літак нижче за глісаду більше допустимої межі. Для забезпечення точності роботи і безпомилкового функціонування PDA відключається ближче півмилі від смуги.

Із сказаного вище зрозуміло, що розробники TAWS доклали немало зусиль, щоб забезпечити безпомилкову роботу системи і виключити можливість помилкової тривоги до максимально можливого мінімуму. Проте занадто багато обмежень, призводять до інших проблем, що цілком явні перешкоди стають «невидимими». Одним з прикладів є телевізійна вежа в місті Торонто (Канада), одна з найвищих в Північній Америці. Вона знаходиться поряд з *Toronto City Centre airport*. У зв'язку з різким обмеженням можливих попереджень, TAWS не може реагувати на цю башту.

Очевидно, про що йшла мова раніше, ключовим компонентом TAWS являється база даних рельєфу і перешкод на місцевості. Відомо, що земний рельєф змінюється дуже повільно, проте штучні перешкоди можуть з'являтися мало не щодня, а зважаючи на те, що вони відсутні в базі даних то TAWS не зможе попередити пілота про їх (перешкод) наявність.

Ще одним, якщо не найголовнішим, є питання баз даних підстилаючої поверхні – цифрових карт місцевості, того елемента, який лежить в основі роботи системи раннього попередження.

Кожна авіакомпанія, що займається перевезеннями будь то пасажирів чи вантажів, зобов'язана мати в своєму розпорядженні набір картографічних даних, якщо не всіх районів земної кулі, то хоча б тих де здійснюються авіаперевезення.

Зрозуміло, що з доступними, на сьогоднішній день, рівнем розвитку картографії, супутникової техніки це завдання повністю доступне до виконання.

Але проблема лежить в іншому – політичні та бюрократичні перешкоди є завадою для забезпечення розробників такою інформацією в повному обсязі.

Навряд чи закордонні системи EGPWS мають в своєму розпорядженні достатній набір карт місцевості території колишнього СРСР, так само як і вітчизняні – доступ до стовідсотково правдивих даних місцевості західної півкулі.

Отже з викладеного матеріалу можна сказати, що система TAWS (Terrain Avoidance Warning System) забезпечує екіпаж важливою льотною інформацією, а саме:

- інформація про недопустиму вертикальну швидкість зниження;
- небезпечне наближення земної поверхні;
- втрата висоти після зльоту (або відходу на друге коло);
- відхилення від посадкового глісадного променя;
- характеристику рельєфу підстилаючої поверхні у напрямку польоту;
- небезпечний зсув вітру.

Встановлюється на літальні апарати замість ССНЗ і СППЗ.

1.2. Опис та склад системи TAWS [4]

Функція TAWS вбудована в окремому незалежному модулі, що розміщений всередині процесора T2CAS (Terrain and Traffic Collision Avoidance System). Такий модуль зветься «модуль попередження зіткнень із землею» (GCAM). GCAM-модуль забезпечує повне прогнозування, як для сигналів попередження так і тривоги, щоб попередити фатальному зіткненню повністю справного літака у керованому польоті. Також GCAM відповідає, згідно вимог стандарту TSO C151b, за режими роботи стандартної системи попередження наближення землі (СППЗ).

Основною ціллю TAWS є своєчасне попередження екіпажу літака про потенційно можливі небезпечні перешкоди за напрямком польотного маршруту, які в свою чергу можуть призвести до зіткнення з поверхнею землі (водної поверхні) може привести до зіткнення з землею. На основі того яке положення літак займає має відносно землі, а також в якій конфігурації він знаходиться – TAWS генерує попереджувальний сигнал наближення до землі, а також

рекомендації про необхідність набору висоти або попередження про необхідність обходу перешкоди.

Згідно конструкції та програмного забезпечення TAWS приймає до уваги ситуації, що виникають на етапі маневрування в районі аеропорту, при яких висота польоту значно менше ніж висоти оточуючого рельєфу

Конструкція TAWS приймає до уваги специфічні ситуації, коли літак маневрує відповідно до схвалених процедур на висотах значно нижче оточуючих місцевих висот рельєфу (наприклад аеропорт Паро, Бутан).

На основі реальних характеристик літака, створюється прогноз сигналів тривоги. Завдяки такій конструкції TAWS, вдалось мінімізувати хибні спрацювання тим самим підвищити рівень довіри пілотів до системи, оскільки неправдивий сигнал попередження про загрозу може призвести до розвитку реальної небезпеки.

Система TAWS також забезпечує пілотів інформацією про можливий зсув вітру, що є досить небезпечним явищем і може призвести до катастрофи (катастрофа Ту-154 в Алма-Ати).

Складові TAWS системи:

Базова система TAWS складається з наступних компонентів:

- модуль GCAM — розміщений в блоці T2CAS;
- персональний модуль літака — встановлюється окремо;
- дисплей поверхні — встановлюється в кабіні;
- пульт управління TAWS — встановлюється в кабіні;
- приймач GPS — зовнішній або розміщується в блоці T2CAS

Функція прогнозування (CPA) модуля GCAM забезпечується за рахунок удосконаленого прогнозування сигналізації зіткнень на основі даних при підстилаючу поверхню і аеропортів, а також моделювання можливостей літака по набору висоти. Ця функція прогнозує небезпечну ситуацію відносно поверхні землі і формує сигнали тривоги у вигляді голосових і візуальних повідомлень, а також відображення на графічному дисплеї.

Прогнозування можливих конфліктів функцією CPA реалізується шляхом порівняння двох профілів:

1) Визначення рельєфу оточуючої поверхні – рельєф поверхні визначається за рахунок кореляції інформації про точне місцезнаходження літака, що отримане від GPS та/або навігаційного обчислювача з цифровими базами даних рельєфу і аеропортів, які зберігаються всередині блоку.

2) Прогноз траєкторії польоту літака — траєкторія польоту літака прогнозується за рахунок використання поточних параметрів польоту для розрахунку траєкторії польоту літака до 120 секунд вперед відносно поточного місцезнаходження літака.

Система TAWS виконує наступні функції:

- Виконує обробку вхідних сигналів від літакових систем;
- Встановлює співвідношення між поточним місцезнаходженням літака та існуючими базами даних рельєфу поверхні та аеропортів;
- Аналізує небезпеку зіткнення з землею в напрямку траєкторії польоту літака;
- Визначає прогнозовану огинаючу набору висоти для запобігання зіткнення, використовуючи дані з модуля APM.
- Формує відповідні голосові та візуальні сигнали тривоги і попередження льотному екіпажу на обраному індикаторі.

Модуль GCAM формує як попередження, що прогножуються, так і реактивні попередження.

Прогнозовані попередження - попередження, що формуються про рельєф. Працюють за рахунок вдосконаленої функції CPA, яка використовує бази даних про підстилаючу поверхню та аеропорти, а також моделювання характеристик набору висоти літаком. Функція CPA прогнозує небезпечні ситуації зіткнень з землею і формує голосові, візуальні та графічні сигнали тривоги.

Функція CPA разом з дисплеєм дає льотному екіпажу прогнозуючий захист від зіткнення з землею на всіх фазах польоту від зльоту до посадки доки:

- Доступне точне місцеположення літака;

- Доступні дані про характеристики літака;
- Всі комірки, витягнуті з бази даних поверхні, цілі і справні;
- База даних зони аеропорту справна;
- Всі необхідні входні сигнали відповідають справному стану;
- Режим рельєфу землі не заблокований.

Реактивні попередження — реактивні попередження включають 5 режимів (як вказано в стандарті DO-161a), голосові повідомлення про досягнення заданих висот, і попередження про досягнення граничного кута крену. Режим попередження про реактивне зрушення вітру (опція) також вважається реактивним режимом модуля GCAM.

База даних рельєфу підстилаючої поверхні

База даних отримана з моделі Всесвітньої Геодезичної Системи — 1984 (WGS-84). Карта світу поділена на безліч комірок, що формують безперервну сітку на поверхні землі. Величина висоти, визначена для кожної комірки визначається найвищою точкою в межах цієї комірки щодо рівня моря (MSL). Розмір комірки або роздільна здатність карти збільшується в зоні аеродрому і при заході відповідно до вимог для даного регіону.

Наступна базова роздільна здатність використовується для специфічних зон експлуатації літаків:

- маршрутні зони кодуються з низьким дозволом комірок тих, що мають розміри 180×180 дугових секунд (еквівалент 3×3 м. милі на екваторі);
- поверхня в межах 21 м. милі від будь-якого аеропорту кодується осередками що мають розмір 30×30 дугових секунд (еквівалент $0,5 \times 0,5$ м. милі на екваторі). Ця область може бути розширена до радіусу в 30 м. миль для аеропортів в гірській місцевості або інших специфічних аеропортів, де навколишній рельєф вимагає більш високого дозволу;
- поверхня в межах 6 миль аеропортів в гірській місцевості може бути закодована комірками що мають розмір 15×15 дугових секунд (еквівалент $0,25 \times 0,25$ м. милі на екваторі).

Вказані вище величини є стандартними, проте є виключення:

1. На широтах вище 50° (розмір довготи кожної клітинки збільшується, щоб компенсувати збіжність меридіанів).

2. Якщо дані високої роздільної здатності не існують для даного місця, використовуються дані низької роздільної здатності.

3. Дані нижчої роздільної здатності можуть бути використані, якщо може бути показано, що це не створює неприйняттого рівня помилкових попереджень.

Зона дії тривожних застережень (Рис 1.2)

T²CAS має три датчики, що відслідковують запаси висоти, які використовуються для забезпечення повідомлень і попереджень:

– Caution Clearance Sensor – (Датчик сповіщення): генерує лінію TAL (Terrain Advisory Line), Caution Alert (TERRAIN AHEAD), а також попереджує про тимчасовий спуск Alert (PDA);

– Warning Clearance Sensor – (Датчик PULL UP): генерує рекомендацію Pull Up;

– Avoid Clearance Sensor – (Датчик AVOID TERRAIN): Генерує попередження AVOID TERRAIN;

Кожен датчик складається з двох основних частин:

– Короткочасний, що розповсюджується на поточний кут нахилу траєкторії (в короткочасній перспективі, літак, скоріш за все, продовжує робити, те що робить зараз);

– Довготривалий, прогнозує потенційно можливий градієнт набору висоти літаком (як літак, скоріш за все, буде набирати висоту, якщо надійде попередження PULL UP). Датчики меж (caution sensor, warning sensor, avoid sensor) можуть розглядатися як віртуальні «бампери» котрі рухаються перед літаком. Коли віртуальний бампер торкається місцевості (яка зберігається в базі даних), генерується сигнал тривоги. Тип сповіщення залежить від того, який датчик (AVOID, PULL UP або TERRAIN AHEAD) торкнувся місцевості.

Для всіх типів застережень:

Функція оцінки рельєфу у напрямку польоту (CPA – COLLISION PREDICTIVE ALERT) модуля GCAM для всіх типів попередження в

горизонтальній площині зоною покриття місцевості для виявлення конфліктів під час прямолінійного польоту, являється вузьке поле зору з кутом $\pm 1,5$ градуси від траєкторії польоту. Цей вузький промінь гарантує, що місцевість по обидві сторони від траєкторії польоту не ініціює помилкових повідомлень та попереджень. Як тільки літак починає розворот, функція CPA, використовуючи швидкість розвороту, екстраполуює місцевість виявлення конфліктів по всій площі місцевості, що лежить між поточним треком літака і розрахунковим треком, в залежності від розвороту аж до 90 градусів.

Для «TERRAIN AHEAD»:

У вертикальній площині, оцінка місцевості попереду літака простягається від літака вздовж траєкторії польоту до точки 20 секунд льоту.

З точки 20 секунд льоту попереду літака, діапазон роботи датчика безпечної висоти (clearance sensor) простягається до точки додаткових 112 секунд льоту вздовж траєкторії з кутом рівним розрахунковому, з врахуванням здатності судна набирати висоту.

20-и секундний запас до точки початку реагування, забезпечує комфортний час екіпажу для початку нормального вертикального маневру.

В наведених розрахунках використовуються максимальні можливості конкретного літака по градієнту набору висоти, знаючи, що екіпаж і повітряне судно мають можливість ініціювати підйом, щоб запобігти зіткненню з місцевістю.

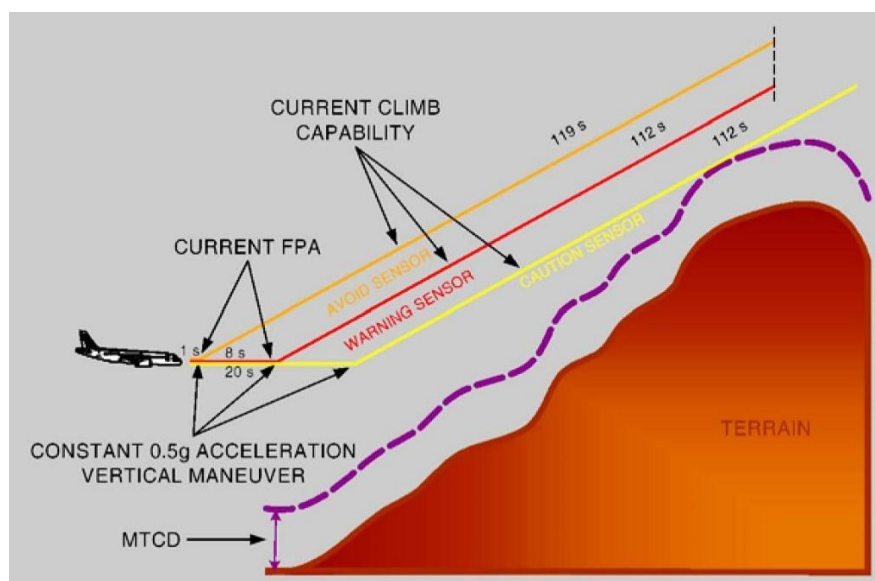


Рис 1.2 – Межі визначеної огинаючої місцевості

В наведених розрахунках використовуються максимальні можливості конкретного літака по градієнту набору висоти, знаючи, що екіпаж і повітряне судно мають можливість ініціювати підйом, щоб запобігти зіткненню з місцевістю.

Градієнт набору висоти визначається як кращий кут набору висоти з використанням існуючих можливостей підйому повітряного судна, приймаючи до уваги вагу, барометричну висоту, температуру повітря, конфігурацію ПС, справність двигунів і характеристики набору висоти для даної моделі літака.

Якщо на даному літаку не була активована функція врахування характеристик літака, швидкість підйому встановлюється виходячи з градієнту набору у відповідності з TSO C151b.

Для «TERRAIN AHEAD, PULL UP»:

Оцінка небезпеки місцевості попереду літака будується так само як у випадку для вертикальної площини за виключенням того, що оцінка місцевості попереду літака простягається від літака вздовж траєкторії польоту до точки 8 секунд льоту і далі, продовжуючи цей час до 120 секунд, вздовж розрахованої траєкторії набору висоти для даного літака. Вікно в 8 секунд представляє собою максимальний час очікування для екіпажу, щоб відреагувати на рекомендацію і ініціювати відновлювальний маневр.

Для «AVOID TERRAIN»:

Якщо зона дії CPA сигналів попередження виявляє небезпеку, то можуть формуватися два типи застережливих сигналів. Тип сигналу попередження визначається залежно від обчислень CPA: має або не має літак достатні можливості по набору висоти, щоб забезпечити перевищення над рельєфом місцевості за рахунок стандартного маневру.

- попередження PULL UP / ТЯГНИ ВГОРУ — формується, якщо обчислення CPA визначають, що літак в змозі пролетіти зверху над рельєфом.

- попередження AVOID TERRAIN / ЙДИ УБІК — формується, якщо обчислення CPA визначають, що літак не в змозі пролетіти зверху над рельєфом.

1.3. Режимы работы системы EGPWS (TAWS) [5]

Система EGPWS (TAWS) может работать в різноманітних режимах (Рис 1.3). Розглянемо кожен детальніше.

РЕЖИМ 1 «Надмірна швидкість зниження». Для функціонування режиму використовується інформація про істинну висоту від радіовисотоміра, про вертикальну швидкість від системи повітряних сигналів, а також сигнал про увімкнення режиму крутого заходу на посадку.

Режим становиться активним після відриву ПС від ЗПС і набору висоти 30 метрів, працює на протязі всього польоту і при зниженні до висоти 15 метрів незалежно від положення шасі і закрылок, якщо поточна траєкторія польоту близька до землі (в діапазоні роботи радіовисотоміра) характеризується небезпечно високою швидкістю зниження. Области сигналізації режиму 1 представлені на рис 1.4



Рис 1.3 – Режимы работы системы EGPWS (TAWS)

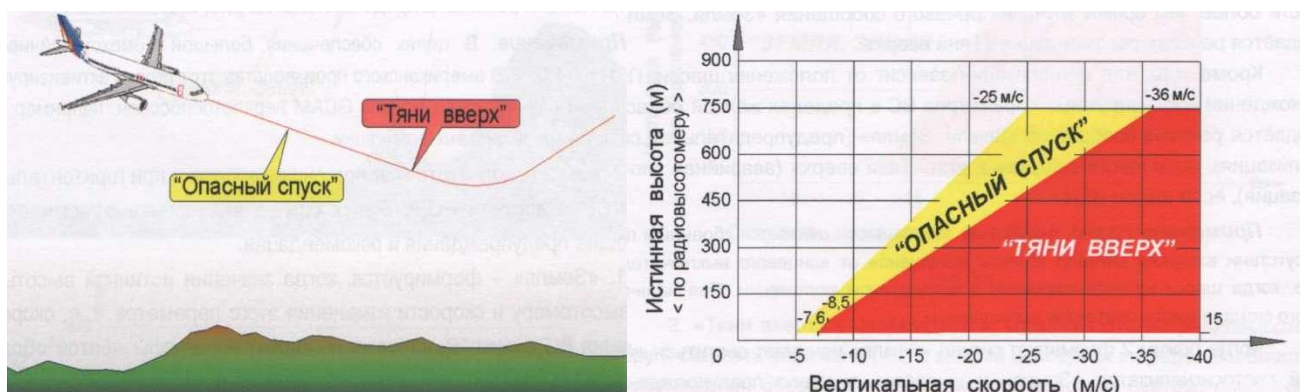


Рис 1.4 – «Надмірна швидкість зниження»

Системою EGPWS в режимі 1 можуть бути сформовані наступні попередження і рекомендації:

1. «Небезпечний спуск» – формується, коли істинна висота по радіовисотоміру і вертикальна швидкість знаходяться в межах області спрацювання впродовж мінімум 1 с. Коли формується цей сигнал, починається світитись жовтий світлосигналізатор «Земля» і видається звукове попередження «Небезпечний спуск». Якщо екіпажом вибрана опція «крутий захід», область скорості зниження змінюється. Дана сигналізація знову готова до роботи, як тільки значення істинної висоти і вертикальної швидкості будуть знаходитися за межами області, позначеної на рис. 1.4 жовтим кольором.

2. «Тягни вгору» – формується, коли висота по радіовисотоміру і вертикальна швидкість знаходяться в межах своєї області спрацювання на протязі мінімум 0,5 с. Коли формується цей сигнал, починає світитися червоний світлосигналізатор «Небезпечно земля» і видається звукова рекомендація «Тягни вгору». Сигналізація «Тягни вгору» видається до тих пір, поки вказані параметри польоту ПС знаходяться в межах відповідної області сигналізації.

При отриманні рекомендацій в цьому режимі екіпаж ПС повинен негайно припинити зниження, оцінити ситуацію відповідно поверхні землі – проконтролювати висоту і вертикальну швидкість. При отриманні аварійної сигналізації «Тягни вгору» - відключити автопілот, перевести РУДи на злітний режим, прибрати крен, прибрати шасі і спойлери, встановити закрилки і передкрилки у злітне положення і виконувати набір висоти, витримуючи допустиму вертикальну швидкість. Після повернення в безпечну ситуацію екіпаж повинен проінформувати диспетчера УПР про зміни параметрів польоту.

РЕЖИМ 2 «Небезпечна швидкість зближення з підстилаючою поверхнею». Для функціонування режиму використовується інформація про істинну висоту від радіовисотоміра, про повітряну швидкість від системи повітряних сигналів з урахуванням всіх поправок. Використовуються також сигнали про випуск шасі і закрилків в посадочне положення. Режим стає активним після відриву ПС від ЗПС

і набору висоти 30 м, діє на всіх етапах польоту при висоті понад 15 м при прибраному шасі в ситуаціях, коли поточна траєкторія польоту і підстилаюча земна поверхня зближуються з небезпечною надмірною швидкістю. Області сигналізації режиму 2 представлені на рис. 1.5.

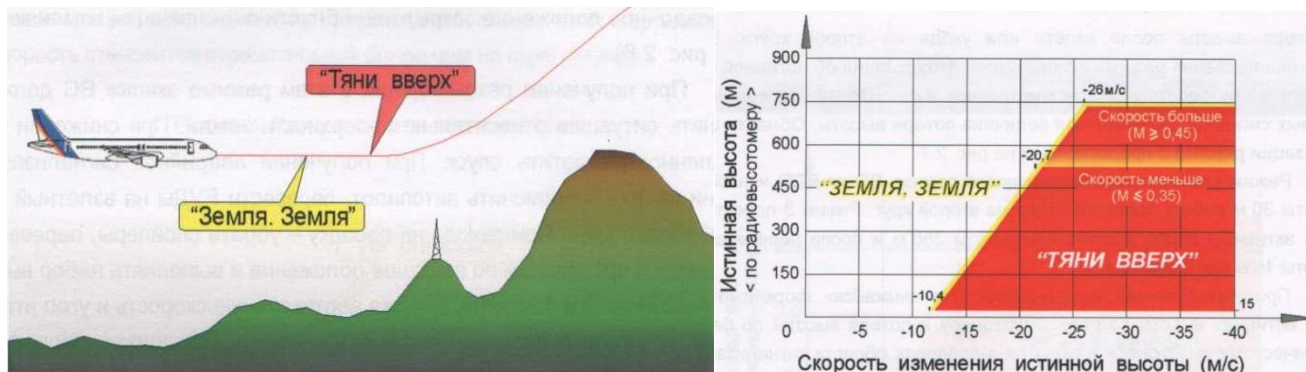


Рис 1.5 – «Небезпечна швидкість зближення з землею»

Режим 2 використовується як при зниженні, так і при горизонтальному польоті ПС. Системою EGPWS в режимі 2 можуть бути сформовані такі попередження і рекомендації.

1. «Земля» - формується, коли значення істинної висоти по радіовисотоміру і швидкості зміни цього параметра, тобто швидкості зближення ПС з землею, вперше потрапляють в межі жовтої області сигналізації (див. рис. 1.5), якщо закрилки не в посадковому положенні. При знаходженні аналізованих параметрів ПС в межах жовтої області більш ніж час звучання мовного повідомлення «Земля. Земля» видається мовна рекомендація «Тягни вгору».

Крім того, вид сигналізації залежить від положення шасі. При знаходженні аналізованих параметрів ПС в межах жовтої області видається голосове повідомлення «Земля, Земля» (попереджувальна сигналізація), якщо шасі випущено, або «Тягни вгору» (аварійна сигналізація), якщо шасі прибрано.

Тут і далі по тексту шасі вважається прибраним при відсутності вхідного сигналу «Шасі випущено» від кінцевого вимикача, тобто коли шасі не зафіксовано в випущеному положенні. При наявності цього сигналу шасі вважається випущеним.

Коли режим 2 формує сигнал «Земля» починає світитися жовтий світлосигналізатор «Земля» і видається звукове попередження «Земля. Земля».

Дана сигналізація знову готова до роботи, як тільки значення істинної висоти і вертикальної швидкості будуть знаходитися за межами області, позначеної на рис. 1.5 жовтим або червоним кольором.

2. «Тягни вгору» - формується, коли висота по радіовисотоміру і швидкість зближення ПС з землею знаходяться в межах області спрацьовування, позначеної на рис. 1.5 червоним кольором, протягом як мінімум 3 с. Коли формується цей сигнал, починає світитися червоний світлосигналізатор «Небезпечно земля» і видається звукова рекомендація «Тягни вгору». Сигналізація «Тягни вгору» видається доти, поки зазначені параметри польоту ВС знаходяться в межах відповідної області сигналізації.

При меншій швидкості польоту ($M < 0,35$), тобто. При випущених в посадкове положення закрилках, області сигналізації змінюються (див. рис. 1.5).

При отриманні рекомендацій в цьому режимі екіпаж ПС повинен оцінити ситуацію щодо поверхні землі. При зниженні негайно припинити спуск. При отриманні аварійної сигналізації «Тягни вгору» - відключити автопілот, перевести руди на злітний режим, прибрати крен. При заході на посадку - прибрати спойлери, перевести закрилки і передкрилки у злітне положення і виконувати набір висоти, витримуючи в межах допуску вертикальну швидкість і кут атаки. Після повернення в безпечну ситуацію екіпаж ПС повинен проінформувати диспетчера УВС про зміну параметрів польоту.

РЕЖИМ 3 «Втрата висоти після зльоту або відходу на друге коло». Для функціонування режиму використовується інформація про справжню висоту від радіовисотоміра, барометричної висоти від системи повітряних сигналів, обчислена величина втрати висоти. Области сигналізації режиму 3 представлені на рис. 1.6.

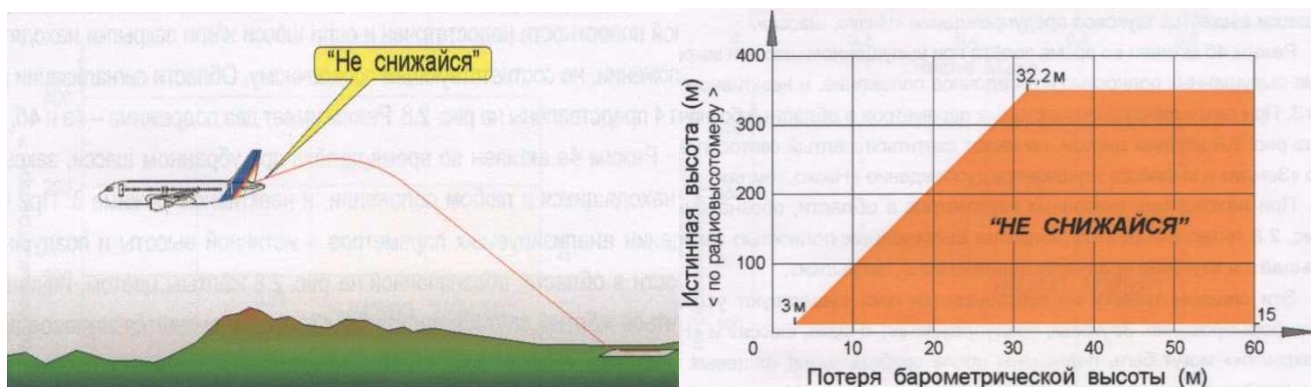


Рис. 1.6 – «Втрата висоти після зльоту»

Режим стає активним після відриву ПС від ЗПС і набору висоти 30 м або в процесі відходу на друге коло. Режим 3 перестає бути активним після досягнення висоти 350 м і після перетину висоти 15 м при зниженні.

Попереджувальна сигналізація «Не знижуйся» формується, якщо справжня висота по радіовисотоміру і втрата висоти по барометричному висотоміру знаходяться в межах області сигналізації заборони зниження, показаної на рис. 1.6. Втрата висоти - це різниця між максимальною барометричною висотою, досягнутою в процесі набору і поточної висотою.

Коли режим 3 формує сигнал «Не знижуйся», починає світитися жовтий світлосигналізатор «Земля» і видається звукова рекомендація «Не знижуйся». Дана сигналізація знову готова до роботи, як тільки радіовисота і висота по барометричному висотоміру опиняться поза області сигналізації режиму 3 або вертикальна швидкість буде позитивною більш ніж одну секунду, незважаючи на те, що радіовисота і втрата висоти по барометричному висотоміру можуть ще знаходитися в межах своєї області. Після відновлення режиму польоту, поки справжня висота і втрата висоти знаходяться в межах даної області, рекомендація «Не знижуйся» формується знову, якщо вертикальна швидкість стає негативною більш ніж на одну секунду.

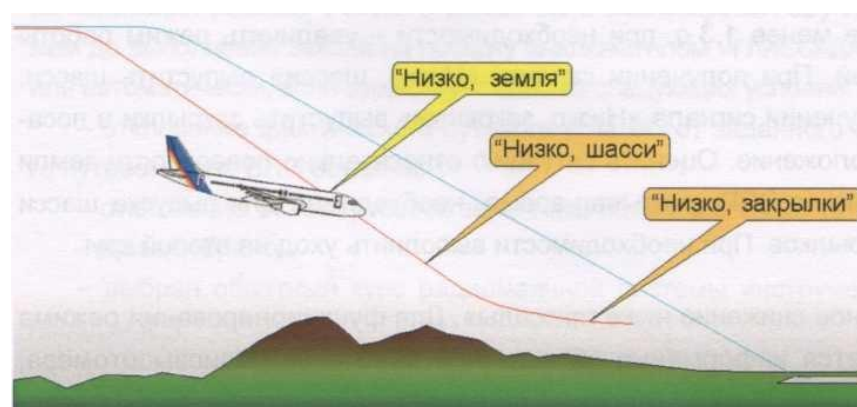
При отриманні рекомендацій в цьому режимі екіпаж ПС повинен проконтролювати вертикальну швидкість, справжню висоту по радіовисотоміру і режим роботи двигунів і негайно відновити необхідний режим набору висоти.

РЕЖИМ 4 «Надмірне зближення з землею; шасі та/або закрилки не випущені».

Для функціонування режиму використовується інформація про істинну висоту від радіовисотоміра, про повітряну швидкість від системи повітряних сигналів з урахуванням всіх поправок, а також сигнали про випуск шасі і закрилків в посадочне положення. Режим стає активним при зниженні і передпосадковому маневруванні ПС. В цьому режимі генерується попереджувальна сигналізація, якщо запас висоти над рельєфом земної поверхні недостатній і якщо шасі та/або закрилки знаходяться в положенні, що не відповідає посадковому. Області сигналізації режиму 4 представлені на рис. 1.7. Режим має два підрежиму - 4а і 4б.

Режим 4а активний під час польоту при прибраному шасі, закрилках, що знаходяться в будь-якому положенні, і неактивному режимі 3. При знаходженні аналізованих параметрів - істинної висоти і повітряної швидкості в області, позначеної на рис. 2.8 жовтим кольором, починає світитися жовтий світлосигналізатор «Земля» і видається звукове попередження «Низько, земля». При знаходженні вказаних параметрів в області, позначеної на рис. 1.7 бурштиновим кольором, і при не випущеному шасі видається звукове попередження «Низько, шасі».

Режим 4б активний під час польоту при випущеному шасі і закрилках, не випущених повністю в посадочне положення, і неактивному режимі 3. При знаходженні аналізованих параметрів в області, позначеної на рис. 1.7 жовтим кольором, починає світитися жовтий світлосигналізатор «Земля» і видається звукове попередження «Низько, земля».



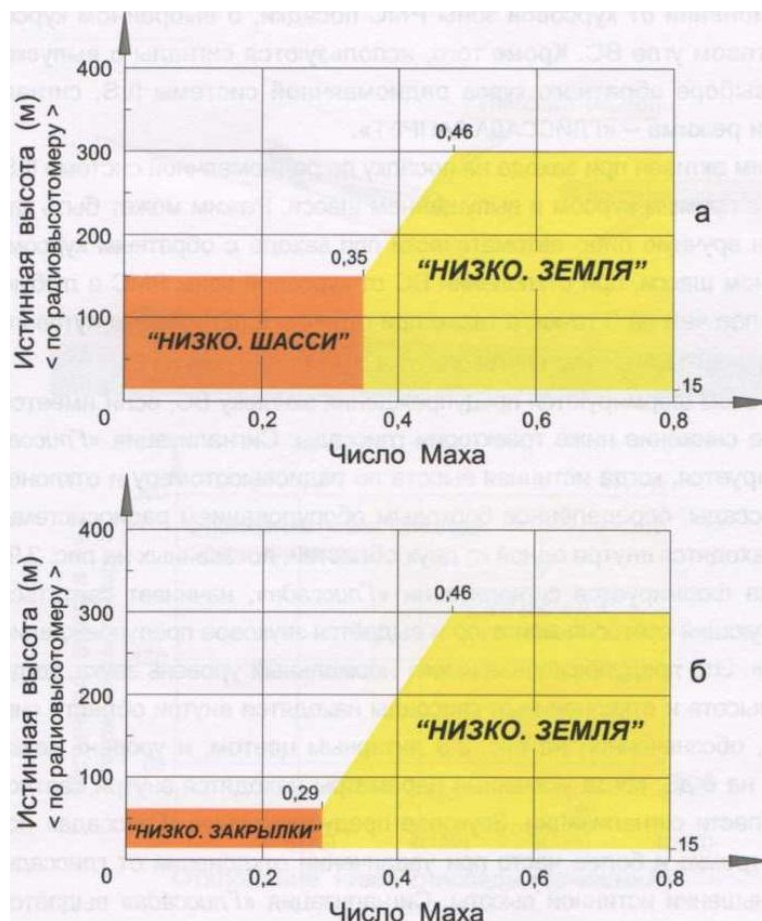


Рис. 1.7 – «Надмірне зближення з землею; шасі та/або закрилки не випущені»

При знаходженні вказаних параметрів в області, позначеної на рис. 1.7 бурштиновим кольором, і при не випущених повністю закрилках видається звукове попередження «Низько, закрилки».

Ці сигнали тривоги не припиняються поки існують умови для їх формування. Звукові попередження «Низько, шасі» і «Низько, закрилки» можуть бути придушені після спрацювання кінцевих вимикачів випуску шасі і закрилків відповідно. Істинна висота, на якій забороняється сигналізація при зниженні ПС, дорівнює 15 м.

При отриманні попереджень в цьому режимі екіпаж ПС повинен негайно припинити зниження, виводячи ПС з зниження з перевантаженням не менше 1,3 д, при необхідності - збільшити режим роботи двигунів. При отриманні сигналу «Низько, шасі» випустити шасі, а при отриманні сигналу «Низько, закрилки» випустити закрилки в посадочне положення. Оцінити ситуацію щодо поверхні землі і видалення від ВПП, враховуючи час, необхідний для випуску шасі та/або закрилків. При необхідності виконати відхід на друге коло.

РЕЖИМ 5 «Надмірне зниження нижче глісади». Для функціонування режиму використовується інформація про істинну висоту від радіовисотоміра, про відхилення вниз від глісади радіомаякову систему (РМС) посадки, про відхилення від курсової зони РМС посадки, про обраний курс ЗПС, про шляховий кут ПС. Крім того, використовуються сигнали про випуск шасі, про вибір зворотного курсу радіомаякової системи ILS, сигнал блокування режиму - «ГЛІСАДА ЗАБОРОНЕНО».

Режим активний при заході на посадку по радіомаяковій системі ILS (або MLS) з прямим курсом і випущеним шасі. Режим може бути заблокований вручну або автоматично при заході зі зворотним курсом, з прибраним шасі, при відхиленні ПС від курсової зони РМС в будь-яку сторону більш ніж на 3 точки, а також з різницею фактичного шляхового кута від заданого магнітного шляхового кута ЗПС більш ніж на 90°.

При цьому формуються попередження екіпажу ПС, якщо є надмірне зниження нижче траєкторії глісади. Сигналізація «ГЛІСАДА» формується, коли істинна висота по радіовисотоміру і відхилення від глісади, визначене бортовим обладнанням радіосистеми посадки, знаходяться всередині однієї з двох областей, показаних на рис. 1.8.

Коли формується сигналізація «ГЛІСАДА», починає світитися відповідний світлосигналізатор і видається звукове попередження «ГЛІСАДА». Це попередження має нормальний рівень звуку, коли справжня висота і відхилення від глісади знаходяться всередині області сигналізації, позначеної на рис. 1.8

бурштиновим кольором, і рівень звуку знижується на 6 дБ, коли зазначені параметри знаходяться всередині світло-жовтої області сигналізації.

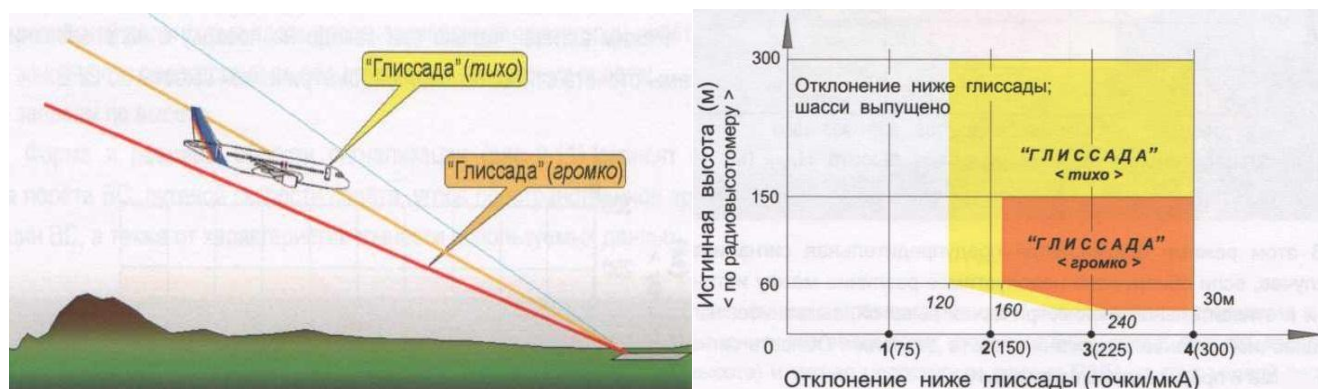


Рис. 1.8 – «Надмірне зниження нижче глісади»

Звукове попередження «ГЛІСАДА» повторюється гучніше і більш часто при збільшенні відхилення від глісади та/або зменшенні істинної висоти. Сигналізація «ГЛІСАДА» видається доти, поки ці параметри знаходяться всередині однієї з двох областей сигналізації режиму. Режим 5 може бути заблокований вручну екіпажем до виконання заходу на посадку вимикачем «ГЛІСАДА ЗАБОРОНЕНО» або автоматично, якщо існує одне з наступних умов:

- відхилення фактичного шляхового кута ПС від заданого магнітного шляхового кута ЗПС більше 90° ;
- відхилення ПС від курсової зони РМС більш ніж на ± 3 точки;
- шасі прибрано;
- обраний зворотний курс радіомаякової системи інструментальної посадки ILS.

При отриманні попереджень в цьому режимі екіпаж ВС повинен негайно відновити режим зниження по глісаді, для чого зробити коригувальні дії по поверненню ПС на лінію глісади. Необхідно також оцінити ситуацію щодо поверхні землі (проконтролювати величину відхилення від глісади, істинну висоту і вертикальну швидкість), при малому значенні висоти ПС і неприпустимому відхиленні від лінії глісади виконати відхід на друге коло.

РЕЖИМ 6 «Перевірка відносної барометрической висоти». Режим 6 реалізований тільки в апаратурі EGPWS вітчизняного виробництва. Для його

функціонування використовується інформація про істинну висоту від радіовисотоміра, відносна барометрична висота, виміряна по атмосферному тиску на аеродромі (QFE), сигнал включення системи відліку барометричної висоти по QFE.

Режим активний тільки при заході на посадку з використанням системи відліку відносної барометричної висоти по QFE.

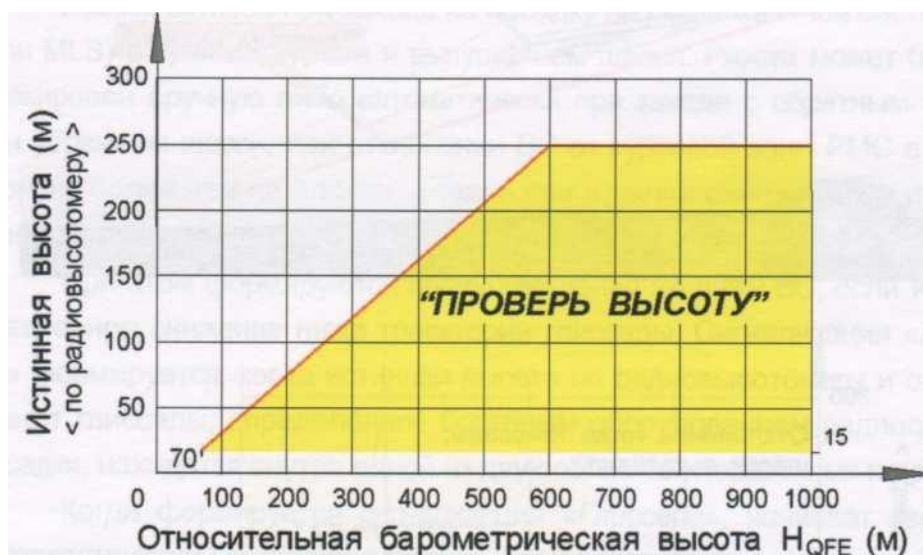


Рис. 1.9 – «Перевірка відносної барометричної висоти»

В цьому режимі формується попереджувальна сигналізація в тому випадку, якщо виявлено неприпустима відмінність між істинною висотою і відносною барометричною висотою, викликана, наприклад, помилковою установкою рівня відліку тиску. Область сигналізації режиму 6 представлена на рис. 1.9.

При знаходженні аналізованих параметрів в області, позначеної на рис. 1.9 жовтим кольором, починає світитися жовтий світлосигналізатор «Земля» і видається звукове попередження «Перевір висоту».

При отриманні попереджень в цьому режимі екіпаж ПС повинен негайно перевірити правильність установки рівня атмосферного тиску на аеродромі посадки - QFE. Оцінити ситуацію щодо поверхні землі: проконтролювати справжню висоту ПС, вертикальну швидкість і віддалення від ЗПС. При малому значенні висоти і віддалення виконати відхід на друге коло.

РЕЖИМ 7 «Оцінка рельєфу місцевості в напрямку польоту» використовується для порівняння перевищення елементів підстилаючої поверхні землі і штучних перешкод з висотою ПС в межах області сигналізації, обмеженою:

- розрахункової дальністю уздовж спрогнозованої траєкторії польоту;
- зоною обліку перешкод по обидві сторони від траєкторії польоту;
- запасом по висоті.

Форма і розміри області сигналізації (рис. 1.10) залежать від етапу польоту ПС, шляхової швидкості польоту, кутів просторової орієнтації ПС, а також від характеристик точності використовуваних даних.

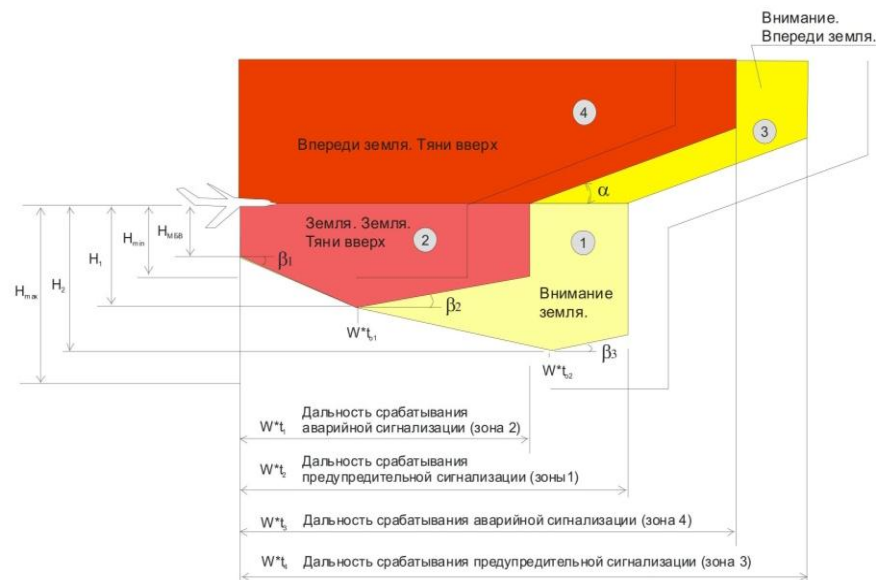


Рис. 1.10 – «Оцінка рельєфу місцевості в напрямку польоту»

Для функціонування режиму 7 використовується інформація про поточні значення географічних координат ПС (широта, довжина, геодезична висота) і сигнал цілісності даних RAIM від супутникової системи навігації GNSS. Використовується також інформація про істинну висоту від радіовисотоміра, про шляхову швидкість, шляховий кут, про вертикальний кут траєкторії, кут крену, про вертикальну швидкість, а також про посадкову конфігурацію ПС. Необхідною умовою функціонування режиму 7 є використання цифрових даних про рельєф земної поверхні і перешкоди в районі польоту. Деякі модифікації системи EGPWS використовують інформацію про аеродинамічні характеристики ПС, що

визначають його скоропідйомність, інформацію про поточне значення ваги ПС, температуру зовнішнього повітря і наявності сигналу відмови двигуна.

Дані про перевищення елементів підстилаючої земної поверхні і штучних перешкод беруться з регулярно оновлюваної цифрової бази даних про підстилаючу поверхню і штучні перешкоди.

Режим активний на всіх етапах польоту. Складова частина системи - модуль попередження зіткнень з землею GCAM реалізує функцію оцінки рельєфу місцевості по напрямку польоту. Він безперервно визначає співвідношення прогнозованої траєкторії польоту ПС і рельєфу земної поверхні, а також штучних перешкод і завчасно видає екіпажу попередження про близькість землі і рекомендації по уникненню зіткнення, найчастіше шляхом набору висоти.

РЕЖИМ 8 «Передчасне зниження в районі аеродрому при заході без РМС».

Цей режим використовується для порівняння перевищення елементів підстильної поверхні землі і штучних перешкод з висотою ВС в межах аеродромної зони. Він активний при зниженні і заході на посадку без використання точних радіомаякових систем посадки незалежно від конфігурації ПС.

Для функціонування режиму 8 використовується інформація про поточні значення географічних координат ПС (широта, довгота) і сигнал цілісності даних RAIM від супутникової системи навігації GNSS. Використовується також інформація про істинну висоту від радіовисотоміра. Необхідною умовою функціонування режиму 8 є використання цифрових даних про ЗПС - довжина, перевищення, географічні координати контрольної точки. За цією інформацією визначається віддалення ПС від центру ЗПС. Максимальне віддалення не повинно бути менше 40 км. База даних по аеродромах оновлюється відповідно до циклами AIRAC, кожні 28 днів. База містить дані по аеродромах, що мають ЗПС з твердим покриттям і довжиною понад 1150 м.

В цьому режимі обчислювальний пристрій системи EGPWS, використовуючи інформацію про поточне місцезнаходження ПС від супутникової системи навігації та відліки істинної висоти від радіовисотоміра, порівнює поточну висоту

з мінімальним допустимою межею. Ця межа визначається областю сигналізації, представленої на рис. 1.11.

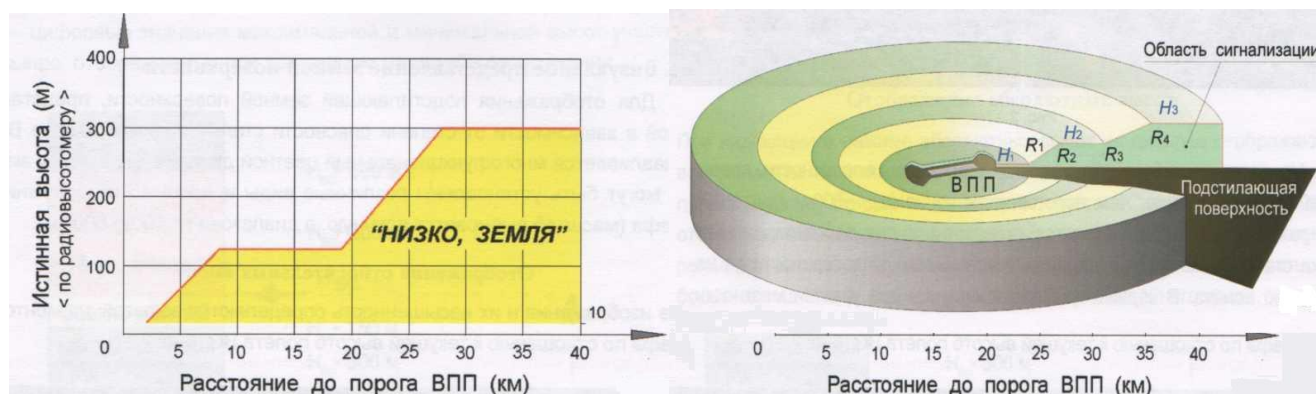


Рис. 1.11 – «Передчасне зниження в районі аеродрому при заході без РМС»

Підстилаюча поверхню в районі аеродрому має складну форму, особливо в гірській місцевості. Інформація про перевищення елементів підстилаючої поверхні і штучних перешкод, а також їх розташування відносно ЗПС міститься в базі цифрових даних і може бути використана обчислювальним пристроєм системи EGPWS. Таким чином, створюється віртуальна захисна область навколо кожної ЗПС, що ефективно доповнює режим 4 і для ПС, які перебувають в посадковій конфігурації.

Висновки до розділу №1

Зіткнення повітряного судна із земною поверхнею під час керованого польоту – тип авіаційної пригоди в якій літак має зіткнення із рельєфом підстилаючої поверхні при цьому особливістю є той факт, що судно знаходить в справному стані, а пілоти працюють в звичайному режимі. Однією з причин є відсутність інформації для пілотів про майбутню небезпеку.

В ході роботи над першим розділом, було проведено поглиблений аналіз та порівняння статистичних даних різних джерел, правові аспекти, що стосуються питання підвищення безпеки польотів в контексті описаної ситуації.

РОЗДІЛ 2

СИСТЕМИ РАНЬОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРИБЛИЖЕННЯ ЗЕМЛІ СУЧАСНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

2.1. СРППЗ-2000 система раннього попередження наближення землі вітчизняного літака Ан-148 [6].

Система СРППЗ-2000 при спільній роботі з радіоелектронним обладнанням на борту літака Ан-148 призначена для своєчасного визначення потенційно небезпечної ситуації при польоті по маршруту, маневруванні в районі аеропорту або на ешелоні, ігнорування якої може призвести до критичних наслідків таких як катастрофи категорії CFIT (зіткнення літака із водною або землею поверхнею). Проте першочерговою функцією системи є попередження екіпажу про таку ситуацію та надання можливих рекомендацій для уникнення такої (ситуації).[3]. Попереджувальний сигнал реалізується шляхом створення мовного та світлового повідомлення, а також шляхом візуального відображення характеру підстилаючої поверхні над якою летить літак на кадрі багатфункціонального індикатора (далі – БФІ). В основі відображення візуальної інформації лежить електронна база даних всіх перешкод за маршрутом і в районі аеродрому, а також характеру рельєфу земної поверхні.

Попереджувальна сигналізація має місце в наступних випадках:

- перевищення допустимої вертикальної швидкості зниження (режим 1);
- перевищення допустимої швидкості зближення із землею або водною поверхнею (режим 2);
- втрата висоти під час зльоту або при відході на друге коло (режим 3);
- недостатньому запасі висоти над землею із закрилками та/або шасі, що знаходяться не в посадковій конфігурації (режим 4);

Кафедра авіоніки				НАУ 20 03 75 000 ПЗ			
Виконав.	Грищенко В.С.			Система раннього попередження приближення землі. Режими роботи та основні функції.	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Павлова С. В.					37	110
Консульт.	Павлова С.В.				173 Авіоніка		
Н. Контр.	Левківський В.В						
Зав. каф.	Павлова С. В.						

- заході на посадку і відхиленні від радіотехнічної глісади більше за допустиме значення (режим 5);
- при виявленні недопустимої відмінності між істинною висотою і відносною барометричною висотою (режим 6);
- при проходженні наперед відомих значень висот під час заходу на посадку (режим 7); створення мовних повідомлень;
- перевищення допустимого значення крену поблизу землі (режим 8);
- виявлення потенційної небезпеки за напрямком польоту;
- при передчасному зниженні;

Блок СРППЗ-2000 є функціонально та конструктивно закінченим пристроєм, що виконує всі, покладені на нього, функції системи раннього попередження приближення землі (СРППЗ), а також концентрує інформацію від інших систем, проводить її обробку та перетворення і на основі цих даних, безпосередньо, видає пілотам сигнали попередження про можливі небезпечні ситуації.

На фронтальній панелі блоку вмонтовані: тримач запобіжника; з'єднувач, призначений для підключення, якщо є необхідність, до ПЕОМ, для проведення діагностики СРППЗ; два світлодіода «Контр. 1», «Контр. 2», «Контр. 3» закриті лінзами. На тильній стороні блоку розміщений електричний з'єднувач, призначений для з'єднання блоку з фідером літака.

Блок закріплений і встановлений на шасі (рамі). Для забезпечення заземлення передбачені спеціальні шини металізації.

Вхідними інформаційними джерелами є:

- інформаційний комплекс висотно-швидкісних параметрів (ІКВШП). Надсилає в систему сигнали про відносну та абсолютну барометричну висоту $H_{\text{відн.}}$ та $H_{\text{абс.}}$ відповідно, приладову швидкість $V_{\text{пр}}$ та сигнали своєї працездатності.
- радіовисотомір А-053 – передає в систему сигнал істинної висоти та сигнал своєї справності;
- Курс-93М – видає сигнал відхилення від радіотехнічної глісади й сигнал справності;
- Курсовертикаль № 2 – видає сигнали гіромагнітного курсу і крену;

– ОСЛ – видає сигнали заданого шляхового кута, шляхової швидкості, географічних координат;

– система управління загально літаковим обладнанням (СУЗЛО) – видає сигнали від кінцевих вимикачів – «Шасі обтиснуто» (ШО), «Шасі випущено» (ШВ), «Закрилки – в посадковому положенні» для визначення етапів польоту й включення різних режимів роботи системи на вхід СРППЗ.

На рис. 2.1 зображена схема взаємодії СРППЗ-2000 з іншими системами розміщеними на літаку.



Рис.2.1 Схема зв'язків СРППЗ з літаковими системами

Датчики первинної (вхідної) інформації надсилають сигнали до СРППЗ, де вони сприймаються і аналізуються. При наявності на вході системи сигналу, що відповідає небезпечній ситуації, бортовим обчислювачем (БО) формується сигнали небезпеки, що в свою чергу надсилаються в КСЕІС, систему внутрішнього зв'язку та бортовий реєстратор.

Світлосигнальні повідомлення сприймаються екіпажем через телефони гарнітури пілотів, а також на індикаторах КСЕІС.

В таблиці повідомлень наведено інформацію, що виводиться на індикатори КСЕІС.

Перед повідомленням "ТЯГНИ ВГОРУ" завжди видаються два звукових сигнали «вууп, вууп» змінної тональності й гучності.

При одночасному надходженні двох і більше команд видається команда, що має більш високий пріоритет.

Система СРППЗ живиться від мережі постійного струму напругою 27 В від шини Ш1 лівого РУ 27 В через автомат захисту СРППЗ.

На рис. 2.2 зображені органи контролю і управління системи СРППЗ-2000.

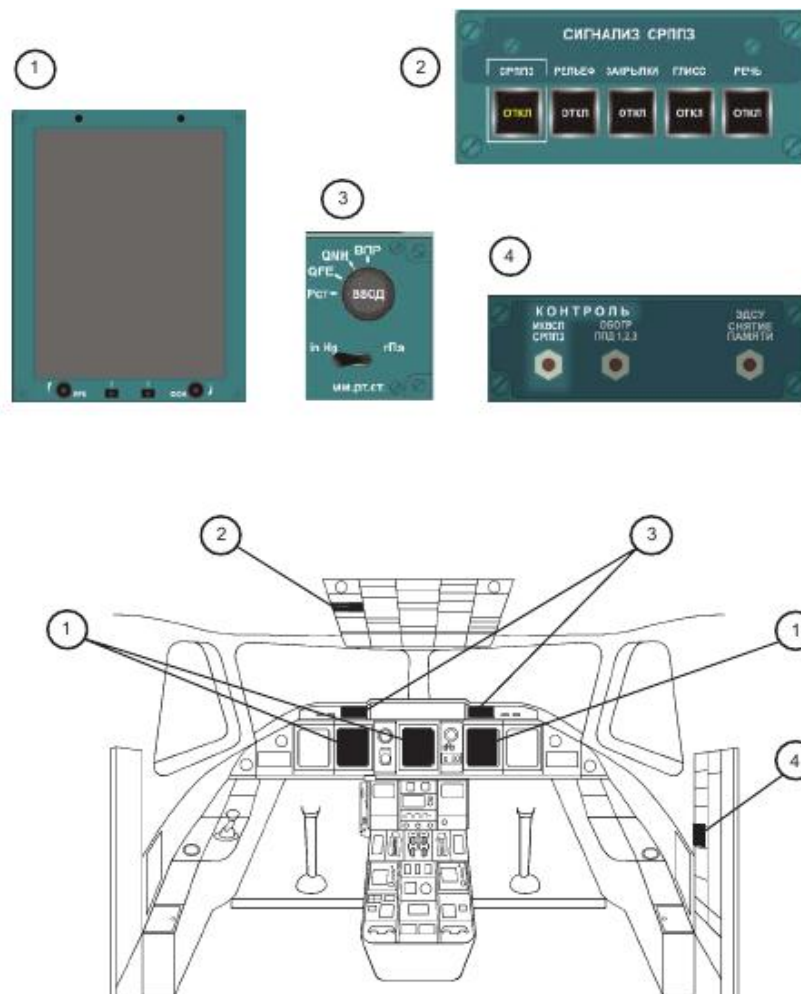


Рис.2.2 Органи управління та контролю СРППЗ

Функціональне призначення органів управління та контролю СРППЗ-2000 приведено в табл.2.1.

Таблиця 2.1

Функціональне призначення органів управління та контролю СРППЗ

Органи управління та контролю	Призначення
Кнопки-табло:	<u>Верхній пульт</u> Щиток «СИГНАЛІЗ. СРППЗ»
«СРППЗ»	Ввімкнення/вимкнення СРППЗ
«РЕЛЬЄФ»	Відключення режиму раннього попередження приближення землі
«ЗАКРИЛКИ»	Відключення сигналізації при польоті біля земної поверхні з не випущеними закрилками
«ГЛІСС»	Відключення попереджувальної сигналізації «НИЖЧЕ ГЛІССАДИ»
«МОВЛЕННЯ»	Відключення сигналів СРППЗ в СПУ
Кнопка «КОНТРОЛЬ ІКВШП, СРППЗ»	<u>Пульт передпольотної підготовки</u> Перевірка СРППЗ в режимі «Тест-контроль»
ПУІ №1, 2 системи КСЕІС Перемикачі з положеннями «QFE» або «QNH»	<u>Козирок приладної дошки</u> Вибір сигналізації «Перевір висоту» при положенні перемикача «QFE».
Індикатори КСЕІС (КПІ, БФІ, КІСС)	<u>Приладна дошка</u> Відображення пілотажної інформації і видача текстів аварійних, попереджуючих та повідомлюючих сигналів з рекомендаціями по парированні виниклих небезпечних ситуацій.

Робота системи.

Сигнали від датчиків первинної інформації аналізуються обчислювачем. Якщо вхідний сигнал має значення, що дорівнює рівню небезпечної ситуації то в бортовому обчислювачі генерується сигнал небезпеки, що надсилається до СПУ, табло та бортовий реєстратор. Повідомлення, що виводяться на індикатори КСЕІС, та їх звукове відтворення показані в табл.2.2

Засоби вбудованого контролю забезпечують:

- формування сигналу «СПРАВНІСТЬ СРППЗ»;
- блокування сигналу попередження якщо несправна система СРППЗ;
- проведення передпольотної перевірки без використання контрольно-перевіряючої апаратури.

За допомогою кнопки «КОНТРОЛЬ ІКВШП, СРППЗ», правого пульта передпольотної підготовки можна провести перевірку вбудованих систем.

На рис. 2.3 можна оцінити приклади візуального відтворення пілотажної інформації. Кадр виводиться на БФІ.

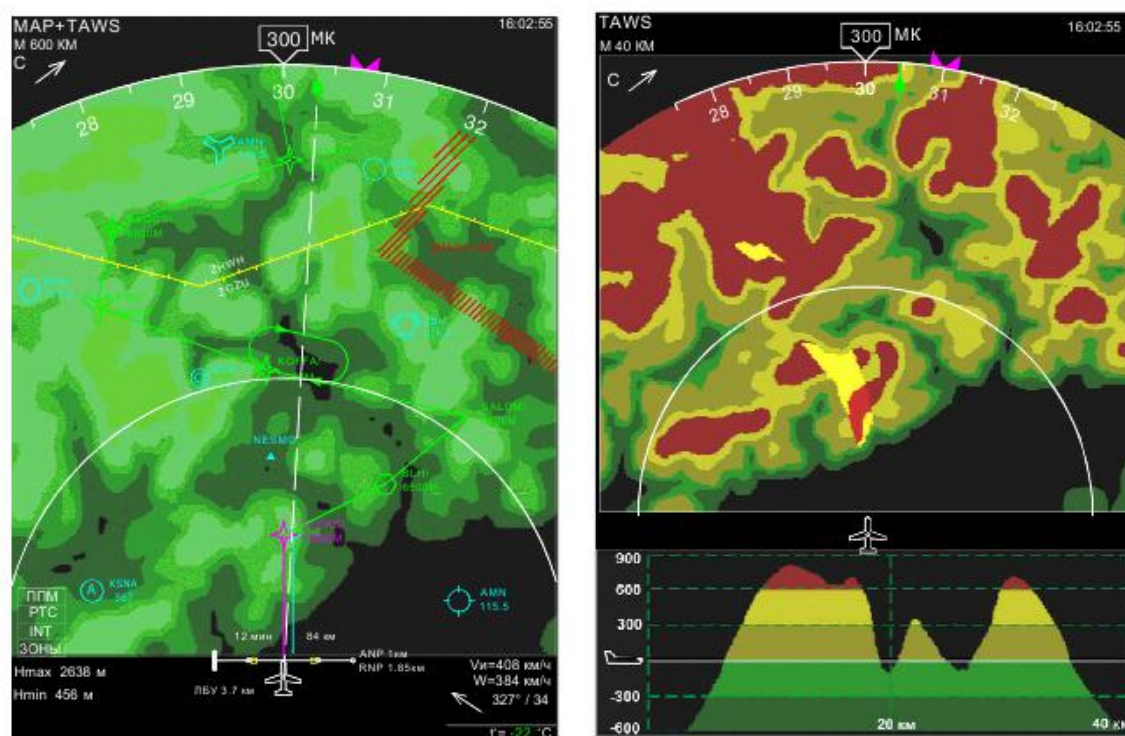


Рис.2.3 Зліва КАДР “MAP + TAWS” (абсолютні висоти),
справа КАДР “TAWS” (відносні висоти)

Таблиця 2.2

Повідомлення, що виводяться на індикатори КСЕІС, та їх звуковий супровід

Повідомлення та звуковий супровід (текстовий + (т) тональний + (г) голосовий)	Індикатор			Причина повідомлення
	КПІ	КІСС	БФІ	
	Категорія повідомлення			
1	2	3	4	5
НЕБЕЗПЕЧНО ЗЕМЛЯ +(г) НЕБЕЗПЕЧНИЙ -СПУСК, ТЯГНИ ВГОРУ (т) вуп-вуп	ав	-	-	Швидкість зниження перевищує встановлені обмеження для режиму 1
НЕБЕЗПЕЧНО ЗЕМЛЯ +(г) а) ЗЕМЛЯ, ЗЕМЛЯ, ТЯГНИ ВГОРУ +(т) вуп-вуп (г) б) ЗЕМЛЯ	ав	-	-	Швидкість зближення з землею перевищує встановлені обмеження для режиму 2
НЕБЕЗПЕЧНО ЗЕМЛЯ + (г) НЕ ЗЖУЙСЯ	ав	-	-	Втрата висоти при зльоті й відході на другий круг, що перевищує встановлені обмеження для режиму 3
НЕБЕЗПЕЧНО ЗЕМЛЯ + (г) а) НИЗЬКО ШАСІ, НИЗЬКО ЗЕМЛЯ (г) б) НИЗЬКО ЗАКРИЛКИ, НИЗЬКО ЗЕМЛЯ	ав	-	-	Висота нижче допустимої не в посадковій конфігурації (режим 4 СППЗ)

1	2	3	4	5
НЕБЕЗПЕЧНО ЗЕМЛЯ + (Г) СПЕРЕДУ ЗЕМЛЯ + (Т) «вуп» двічі + (Г) ТЯГНИ ВГОРУ Зміна кольору підстиляючої поверхні в зоні спрацювання сигналізації на червоний	ав -	- -	- +	Наявність небезпечних елементів рельєфу земної поверхні (режим СРПЗ)
ЗЕМЛЯ + (Г) СПЕРЕДУ ЗЕМЛЯ (Г) НИЗЬКО ЗЕМЛЯ + Зміна кольору підстиляючої поверхні в зоні спрацювання сигналізації на жовтий	поп -	- -	- +	
НИЖЧЕ ГЛІСАДИ + (Г) ГЛІСАДА	поп	-	-	Відхилення вниз від глісади (режим 5 СППЗ)
ЗЕМЛЯ + (Г) СПЕРЕДУ ПЕРЕШКОДА + (Т) «вуп» двічі + (Г) ТЯГНИ ВГОРУ	поп	-	-	Передчасне зниження в процесі кінцевого заходу на посадку (режим ПСВ)
(Г) ПЕРЕВІР ВИСОТУ	-	-	-	Розходження між відносною барометричною висотою й істинною висотою при заході на посадку по тиску QFE (режим 6 СППЗ)
(Г) ТРИСТА, СТО П'ЯТДЕСЯТ, СТО, ШІСТДЕСЯТ, ТРИДЦЯТЬ, ДВАДЦЯТЬ, П'ЯТНАДЦЯТЬ, ДЕСЯТЬ, П'ЯТЬ, ТРИ, ДВА, ОДИН	-	-	-	Проходження визначених наперед висот над поверхнею землі в режимі зниження (режим 8)

1	2	3	4	5
РЕЛЬЄФ ВІДМОВА	-	поп	поп.ст	Відмова функції раннього попередження
СРППЗ ВІДМОВА + (т) дзвін	-	поп	поп.ст	Повна відмова СРППЗ
СРППЗ ІНДИКАЦІЮ ВВІМКНИ + (т) дзвін	-	поп	поп	Поява в діапазоні роботи СРППЗ рельєфу на висоті ≤ 610 метрів
Мигання жовтої стрілки граничного крену + (г) КРЕН ВЕЛИКИЙ	поп	-	-	Досягнення граничного крену
НЕМА ЗВ'ЯЗКУ З СРППЗ + (т) дзвін	-	-	поп	Відсутність зв'язку з системою СРППЗ при відображенні індикатором інформації від СРППЗ

Згідно наведеної таблиці, повідомлення, що виводиться на один із індикаторів позначається відповідно до зазначених нижче скорочень:

- ав. — аварійне;
- поп. — попереджувальне, те що потребує певних дій;
- ст. — статусне.

2.2 Система раннього попередження приближення землі літака Іл-76Т [7].

Система раннього попередження наближення землі ТТА–12S призначена для забезпечення льотного екіпажу достатньою інформацією і сигналізацією, що дозволяє вчасно визначати потенційну небезпеку зіткнення із землею (з підстилаючою поверхнею або з іншою перешкодою) і застосовувати ефективні дії для уникнення зіткнення.

Задачі, що вирішуються даною системою:

- Прийом інформації від бортових систем і пристроїв повітряного судна (ПС);
- Обробка прийнятих даних;
- Порівняння контрольованих параметрів з допустимими межами сигналізації режимів стандартної системи СППЗ, а також режимів раннього попередження (РППЗ);
- видача відповідної сигналізації на лампи, СПУ і СГУ, передача інформації на БФІ та реєстратор.

Даний пристрій, має бути працездатним в будь який час доби в простих і складних метеоумовах і різноманітних географічних широтах, в тому числі над гірською місцевістю та водоймами. Час готовності системи до роботи не більше 10 секунд, що є важливим показником.

Система раннього попередження літака Іл-76Т має в своєму складі: індикатор TDS-56D та обчислювач-пульт керування ТТА-12S. Нижче на рис. 2.4 зображено розташування органів керування безпосередньо в кабіні літака.

На літаку Іл-76Т система раннього попередження приближення землі тісно взаємодіє з іншими системами літака в тому числі проводить обчислення та забезпечує видачі попереджувальних повідомлень на основі інформації літакових систем. Схематичне представлення взаємодії системи СРППЗ літака Іл-76Т з іншими системами винесене на рис. 2.5.

Згідно рис. 2.5 від колишньої системи ССНШ залишилось інформаційне табло. Спрацювання мовного повідомлення СРППЗ «ТЯГНИ ВГОРУ» відбувається паралельно з червоним табло «НЕБЕЗПЕЧНО ЗЕМЛЯ»

Як видно з рис. 2.5 попереджувальні табло залишилися від колишньої системи ССНШ. Червоне табло НЕБЕЗПЕЧНО ЗЕМЛЯ завжди спалахує одночасно з мовною інформацією СРППЗ ТЯГНИ ВГОРУ в різних виконаннях (див. картинку №1 вище). Якщо несправний динамік - червоне табло, як і жовте табло, ЗЕМЛЯ як дублер. Табло СРППЗ ВІДМОВА загоряється у випадках відмови обчислювача СРППЗ або недостовірних даних систем літака.

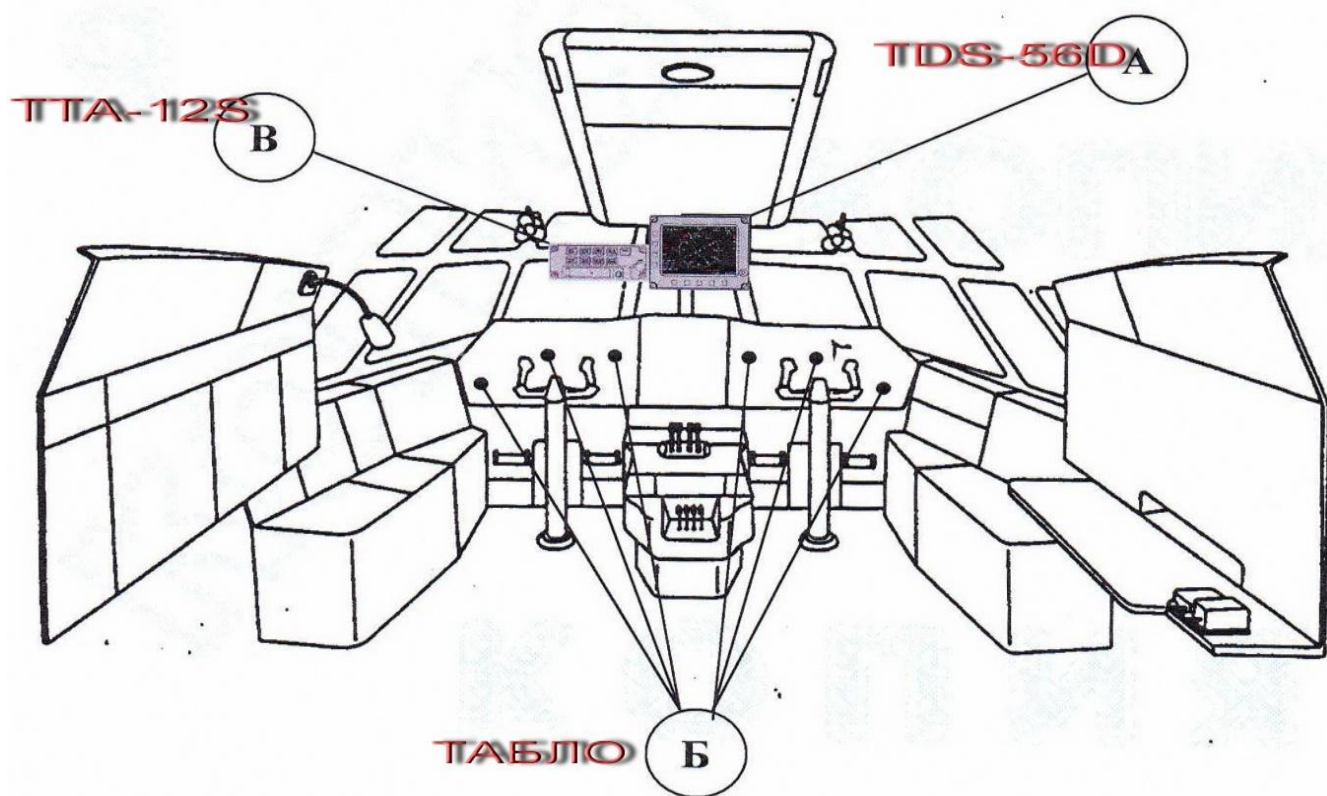


Рис. 2.4. Розміщення органів керування та сигналізації в кабіні літака ІЛ-76Т.

Система раннього попередження приближення землі ТТА-12S має 9 режимів роботи, а також режими 2, 3, 4, 8, 9 мають ще декілька своїх підрежимів. Така кількість режимів обумовлена тим, що робота системи повинна бути стабільною на всі етапах польоту при різних конфігураціях шасі на механізації.

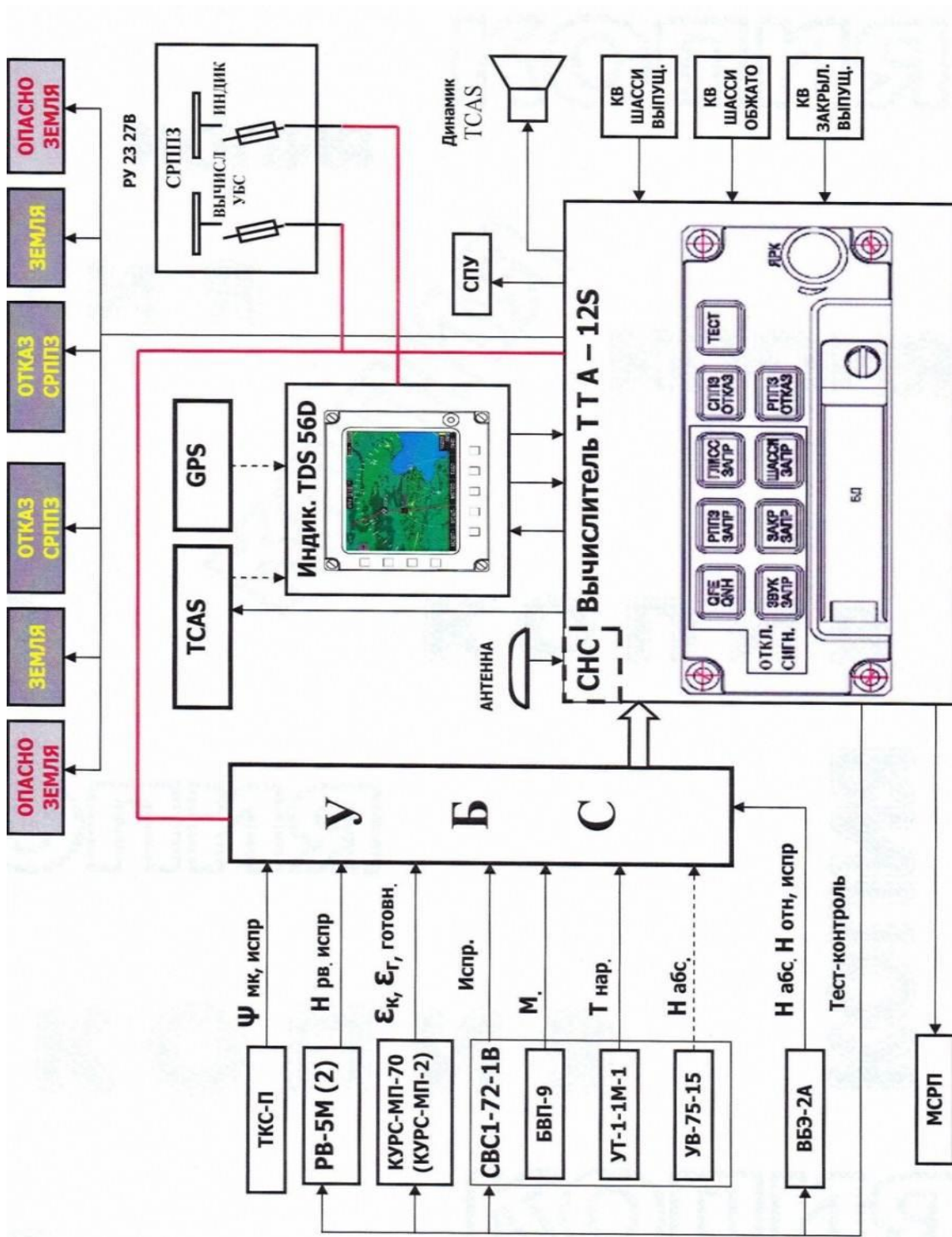


Рис. 2.6. Обчислювач ТТА-12S літака ІЛ-76Т.

Рис. 2.5. Схема зв'язків системи СРППЗ ТТА-12S літака ІЛ-76Т

Обч
исл
юва
ч
ТТ
А-
12S:



Обчислювач виконаний у вигляді конструктивно завершеного блоку до складу якого входять наступні складові частини:

- плата керування і живлення;
- плата клавіатури;
- плата з'єднання CF;
- плата вводу-виводу;
- комплект змінних частин (Flash-карта);
- плата приймача СНС.

Дані функціональні елементи всередині блоку з'єднані між собою джгутами. На задній панелі розміщені роз'єми «XP1», «XP2» «XP3» «XW1» і гвинт М4 для підключення перемички металізації і заземлення.

Всі органи керування, що використовуються при експлуатації системи знаходяться на передній панелі рис. 2.6.

Згідно до технічної документації на дану систему, призначення органів керування має наступне пояснення:

1. QFE/QNH – задається система відліку барометричної висоти. Активна система підсвічується відповідним написом на кнопці. При включенні системи активна система та, що була вибрана до вимкнення живлення.

Примітка – система здійснює автоматичний контроль правильності встановленого тиску на барометричному висотомірі, а також відповідність встановленого тиску на барометричному висотомірі положенню перемикача QFE/QNH. При неправильному виставленню тиску на барометричному висотомірі на індикатор видається повідомлення жовтого кольору «ПЕРЕВІР ТИСК». При невідповідності положення перемикача QFE/QNH системи відліку, встановленої на барометричному висотомірі, ТТА-12S видає на індикатор повідомлення жовтого кольору «ПЕРЕВІР QFE/QNH».

Автоматичний контроль в більшості випадків забезпечує надійну роботу на аеродромах з перевищенням над рівнем моря більш 70 м. Якщо точність вимірювання висоти супутниковим приймачем не достатня для надійної роботи алгоритма автоматичного контролю, то алгоритм блокується і невідповідність

системи, що використовується і системи відліку висоти QFE-QNH може призводити до помилкових спрацювань СРППЗ на зльоті і посадці, а також неадекватному відображенню рельєфу на індикаторі.

2. РППЗ/ЗАПР – Заборона мовної і візуальної сигналізації режимів раннього попередження і видачі сигналів зображення. Ввімкнення заборони підтверджується індикацією напису ЗАПР під постійно підсвіченим написом РППЗ. Заборона автоматично знімається при обтисненні шасі. Заборона також може бути знята повторним натисканням на кнопку.

3. ГЛІС/ЗАПР – Заборона мовної і візуальної сигналізації режиму «Значне відхилення нижче лінії глісади». Заборона підтверджується загорянням напису ЗАПР під постійно підсвіченим написом ГЛІС. Заборона автоматично знімається при зниженні ЛА нижче 15 м. або при наборі висоти більше 300 м. Ручне зняття заборони відбувається повторним натисканням на кнопку.

4. ЗВУК/ЗАПР – Заборона всієї звукової сигналізації.

5. ЗАКР/ЗАПР – Заборона використання дійсного положення закрилків. При натисканні на кнопку вважається, що закрилки знаходяться в посадковій конфігурації. Увімкнення заборони підтверджується загорянням на кнопці напису ЗАПР під постійно підсвіченим написом ЗАКР. Заборона автоматично знімається при обтисненні шасі. В ручному режимі заборона знімається повторним натисканням на кнопку.

6. ШАСІ/ЗАПР – Заборона використовувати дійсне положення шасі.

7. СППЗ ВІДМОВА – для сигналізації відмови будь-якого з режимів СППЗ (режими 1-6). Лампа загоряється при відсутності будь-якого з наступних параметрів: істинна висота, барометрична висота, вертикальна барометрична швидкість, число Маха.

8. РППЗ ВІДМОВА – Використовується для індикації непрацездатності режимів раннього попередження (режими 7-8). Лампа загоряється коли відсутній хоча б один з наступних параметрів: широта, довгота, ортометрична висота ЛА (над рівнем моря), шляхова швидкість, шляховий кут, перевищений поріг

сигналізації цілісності RAIM, перевищення рельєфу місцевості із цифрової моделі рельєфу (відсутність бази даних рельєфу або неможливість їх аналізування).

9. ТЕСТ – для запуску тест вбудованої системи контролю в режимі періодичного контролю. Запуск можливий лише на землі.

10. Ручка ЯРК – Для регулювання рівня яскравості підсвічування кнопок-ламп, розміщених на передній панелі.

Відображення характеру підстилаючої поверхні на екрані БФІ TDS-56D.

На рис. 2.7 зображений вигляд передньої панелі багатофункціонального індикатора (БФІ) TDS-56D.

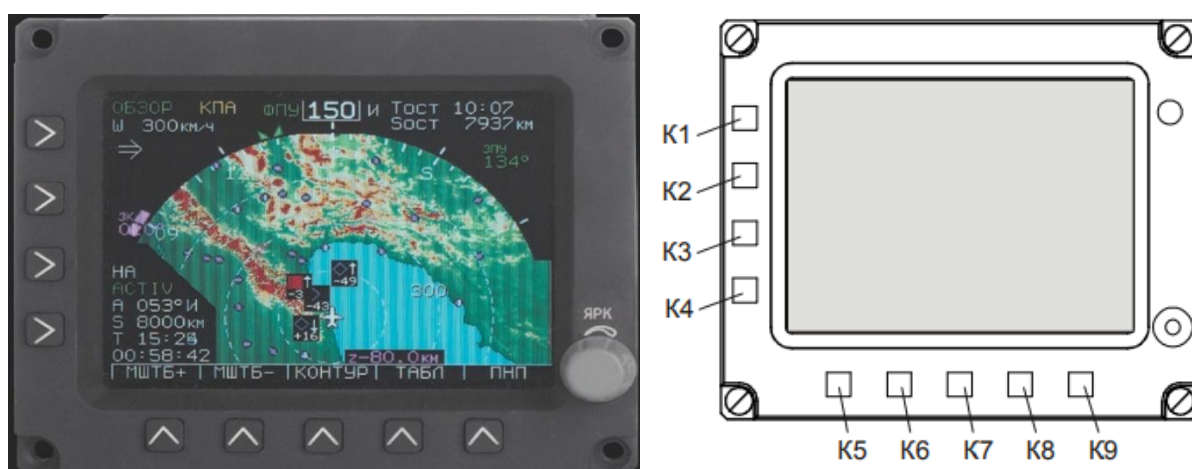


Рис. 2.7. Індикатор TDS-56D літака ІЛ-76Т.

ТТА-12S передає в БФІ відображувану інформацію у відповідності до протоколу ARINC 646 (Ethernet). Кнопки ліворуч і знизу екрану розташовані зверху вниз і зліва на право від К1слева вгорі до К9 справа знизу. У робочих режимах МФІ його кнопки мають таке значення:

К1-меню, що випадає (написи на екрані над кнопками);

К5, К6 - переключення масштабів по дальності від 0,2 до 600км;

К9 - перемикання в режим ОГЛЯД; К7 - перемикання МФІ в режими КОНТУР і ПРОФІЛЬ. К2, К3, К4, К8 - не задіяні. Індикатор TDS-56D забезпечує перевірку параметрів на достовірність, не достовірні параметри на екрані МФІ перекреслені горизонтальною лінією.

На БФІ TDS-56D характер підстилаючої поверхні відображається в режимах роботи індикатора КОНТУР і ПРОФІЛЬ.

РЕЖИМ КОНТУР

Це режим є основним режимом системи при відображенні характеру підстилаючої поверхні на БФІ TDS-56D. При спрацюванні сигналізації системи індикатор автоматично переходить в режим КОНТУР, масштаб (20 км). Елементи, викликавши спрацювання попереджувальної сигналізації, фарбуються в яскраво-жовтий колір, а елементи, що викликали спрацювання аварійної сигналізації, фарбуються в яскраво-червоний колір. В правому верхньому кутку індикатора з'являється повідомлення жовтого або червоного кольору (в залежності від типу сигналізації). При видачі сигналізації режиму 7 відображається величина поточного перевищення ЛА над елементом рельєфу, що викликав спрацювання сигналізації. Наприклад, «Нп +72м» свідчить про те, що запас висоти літака над небезпечним елементом рельєфу дорівнює 72 м; «Нп -322 м» свідчить про те, що висота літака на 322 м менше висоти небезпечного елементу рельєфу.

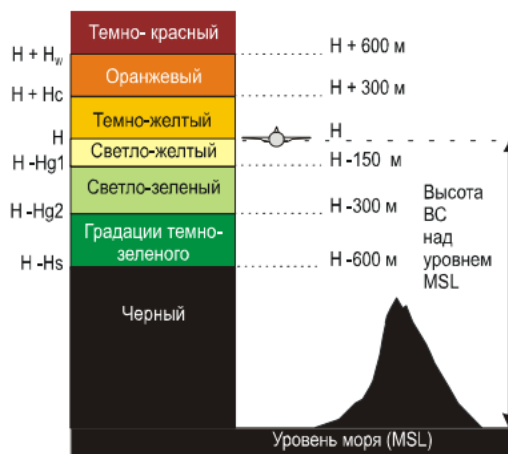


Рис. 2.8 – Кольорове кодування рельєфу

Правило кольорового кодування для відображення елементів, що не викликаються сигналізацію, при видачі зображення по Ethernet проілюстровано на рис. 2.8.

В режимі КОНТУР відображаються тільки елементи поверхні, перевищення яких більше ніж, поточна висота ЛА (над рівнем моря) мінус 600 м.

Приклад відображення інформації показаний на рис. 2.9.

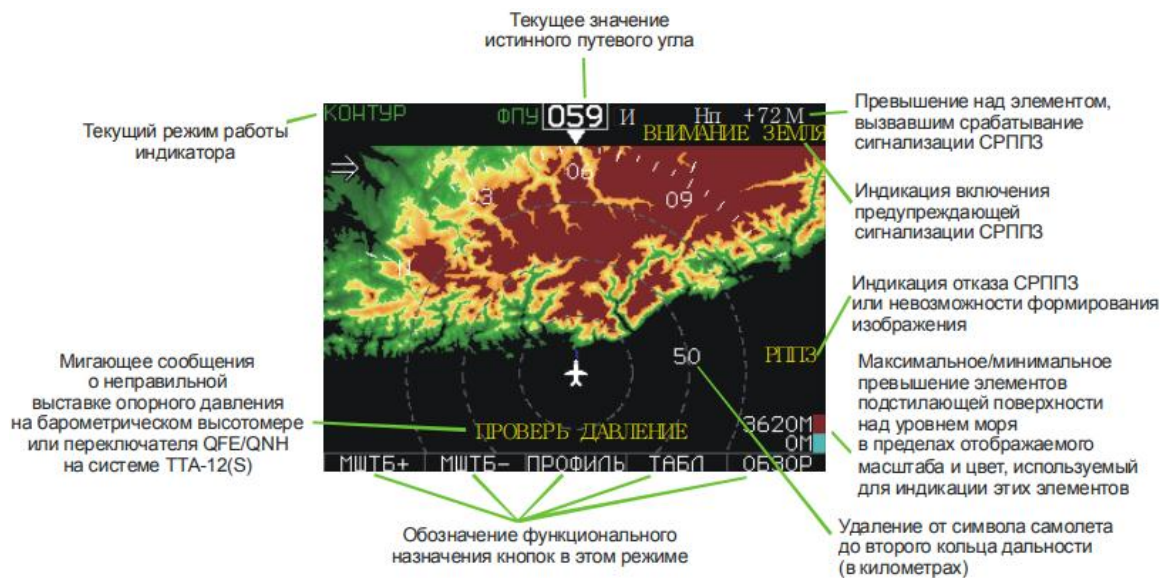


Рис. 2.9 – Приклад відображення інформації в режимі КОНТУР

В нижній частині індикатора видається повідомлення про некоректне положення перемикача QFE/QNH, а також неточності виставлення опорного тиску на барометричному висотомірі.

РЕЖИМ ПРОФІЛЬ

Цей режим являється допоміжним режимом відображення характеру підстилаючої поверхні на БФІ TDS-56D і слугує для наглядного відображення поточної форми і розмірів межі сигналізації режима 7 і характеру підстилаючої поверхні (вид збоку) вздовж спрогнозованої траєкторії. На рис. 2.10 показаний приклад відображення інформації в режимі ПРОФІЛЬ.



Рис. 2.10 – Відображення рельєфу в режимі ПРОФІЛЬ



Рис. 2.11 – Приклад відображення в режимі ТЕСТ

РЕЖИМ ТЕСТ

Режим ТЕСТ доступний тільки при знаходженні літака на землі (при наявності сигналу обтиснення шасі). Режим вмикається при утриманні в натиснутому стані кнопки ТЕСТ, розташованої на передній панелі блоку. В режимі відображаються полоси зеленого, жовтого і червоного кольору. В нижній частині екрану відображаються дати вводу в дію бази даних аеропортів, перешкод і баз даних рельєфу. На рисунку 2.11.

Кнопки ліворуч і знизу екрану розташовані зверху вниз і зліва на право від К1слева вгорі до К9 справа знизу. У робочих режимах МФІ його кнопки мають таке значення:

К1-меню, що випадає (написи на екрані над кнопками);

К5, К6 - переключення масштабів по дальності від 0,2 до 600км;

К9 - перемикання в режим ОГЛЯД; К7 - перемикання МФІ в режими КОНТУР і ПРОФІЛЬ. К2, К3, К4, К8 - не задіяні. Індикатор TDS-56D забезпечує перевірку параметрів на достовірність, не достовірні параметри на екрані МФІ перекреслені горизонтальною лінією.

«ОГЛЯД» - допоміжний режим відображення рельєфу в плані від блоку обчислювача. Режим призначений для можливості завчасної оцінки характеру рельєфу при польоті на ешелоні, наприклад у разі потреби аварійного зниження. Для відображення ступеня небезпеки підстилаючої поверхні по відношенню до літака використовується розширена колірна палітра. Ця палітра відрізняється від

палітри в режимі «КОНТУР» тим, що на індикаторі відображаються елементи рельєфу, віддалені від літака по висоті більше, ніж на

600 м. Видима на екрані МФІ інформація, дозволяє екіпажу оцінити наявність потенційно небезпечних для літака елементів рельєфу місцевості і штучних перешкод, розташування елементів рельєфу щодо літака і ступінь небезпеки елементів рельєфу для літака. Штучні перешкоди відображаються у вигляді трикутників, зафарбованих у відповідності з колірним кодуванням абсолютних висот.

У режимі «ПЕРЕГЛЯД» відображається поточне значення шляхової швидкості. При наявності активізованого в GPS маршруту, відображається лінія заданого шляху (ЛЗШ), символи і позивні поворотних пунктів маршруту (ППМ), що залишився, і відстань до кінцевого пункту; інформація по активному ділянці маршруту: ознака «НА» («ВІД»), азимут на активний ППМ, що залишився, і відстань до ППМ, час прольоту ППМ, лінійне бічне ухилення від ЛЗШ, заданий шляхової кут. Відображення навігаційної інформації від GPS здійснюється на тлі зображення характеру підстилаючої поверхні, формованого системою ТТА-12S.

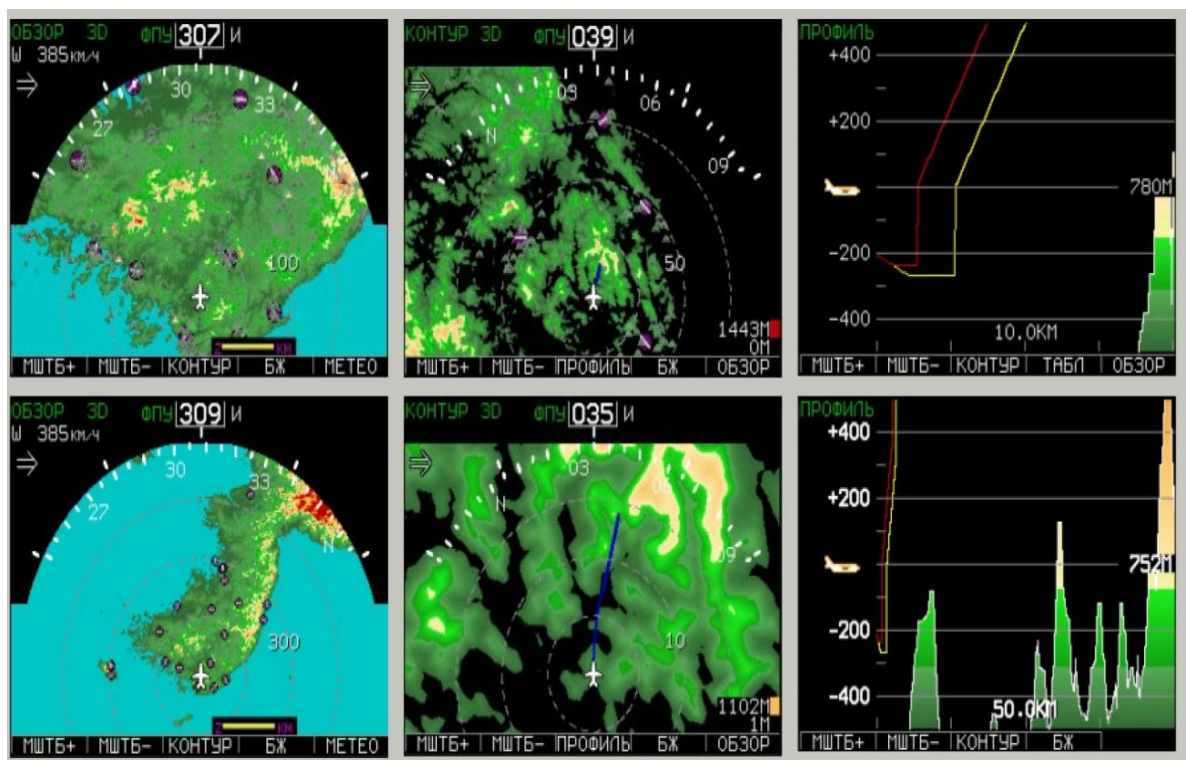


Рис.2.12. Основні режими МФІ.

На рисунку 2.12 представлені основні робочі режими МФІ в двох масштабах. В режимі «КОНТУР» внизу праворуч вказані максимальна і мінімальна висота рельєфу місцевості щодо моря в межах відображуваного масштабу. У режимі «ПРОФІЛЬ» (рис.2.10) червона крива лінія-кордон аварійної сигналізації режиму 7, жовта крива лінія-кордон попереджає сигналізації режиму 7.

Несправності СРППЗ:

	Повідомлення	Опис режимів
1.	Горить підсвітлювач кнопки «СППЗ ВІДМОВА»	Відмова режимів 1 - 6, режими 7 і 8 працездатні.
2.	Горить підсвітлювач кнопки «РППЗ ВІДМОВА»	Відмова режимів 7,8
3.	Горить табло «ВІДМОВА СРППЗ» червоного кольору	Відмова СРППЗ

2.3. Система попередження наближення до землі літака Boeing 737.

Система GPWS середньо-магістрального літака «Boeing 737» по більшій мірі має теж саме функціональне призначення, що і аналогічні системи попередження зіткнень із землею. На рис. 2.13 зображені зв'язки системи GPWS з іншими літаковими системами.



Рис. 2.13 – Взаємодія GPWS з системами літака Boeing 737

Основною метою є попередження пілотів про можливі небезпечні ситуації, а також про зсуви повітряних мас.

До складу GPWS входять:

- комп'ютер системи попередження наближення землі (GPWC);
- пульт керування системою попередження наближення землі;
- сигнальні табло «PULL UP» і «BELOW GS».

Інформаційне повідомлення про зсуви вітру – «WINDSHEAR» відображається на індикаторі EADI (Electronic Attitude Director Indicator). Звукова сигналізація про небезпечні умови польоту надходить у гарнітуру пілотів, а також в динаміки, що розміщені в кабіні екіпажу.

Комп'ютер системи попередження наближення землі GPWC (Ground Proximity-Warning Computer) задає обмеження для попереджувальних режимів та бере до уваги та порівнює параметри взаємного розташування літака та землі з цими обмеженнями. Якщо літак потрапляє в зону обмежень, то комп'ютер видає команду на видачу попередження або сигналізації. Дані про відмови комп'ютера відображаються на передній панелі блока (рис. 2.14).

Вага блоку становить 5,3 фунти (2,4 кг), а живлення забезпечується змінною напругою 115В, 400 Гц. На передній панелі блока встановлено тестовий перемикач (PRESENT STATUS/FLIGHT HISTORY) і дисплей системи вбудованого

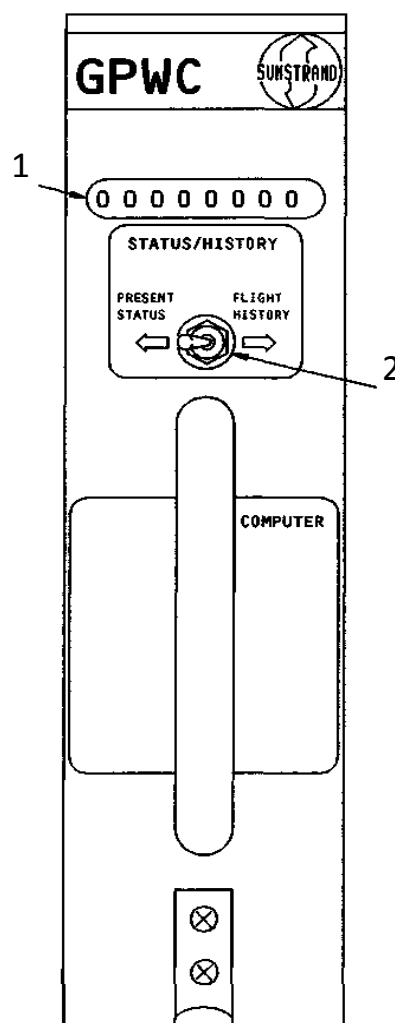


Рис. 2.14. Передня панель блока GPWC:
1 – дисплей системи тестового контролю; 57
2 – тестовий перемикач.

контролю (BITE display). Дисплей системи вбудованого контролю використовується для моніторингу поточного стану та інформації про відмови на протязі всього польоту комп'ютера системи попередження наближення землі. Дисплей стає активним при перемиканні трипозиційного перемикача (STATUS/HISTORY).

Пульт керування системи попередження наближення землі (див. рис. 2.15) забезпечує екіпаж візуальною інформацією про роботу GPWS.

Світлосигналізатор бурштинового кольору «INOP» загорається у випадках, коли від комп'ютера системи попередження наближення землі або інших систем надходять недостовірні сигнали (при цьому за допомогою «SYS TEST switch» проводиться тестування GPWS) або була зафіксована відмова.



Рис. 2.15– Попереджувальна сигналізація:

- 1 – сигнальна лампа-табло «нижче глісади» (бурштинового кольору);
- 2 – сигнальна лампа-табло «штурвал до себе» (червоного кольору);
- 3 – індикація GPWS на EADI

Двопозиційні перемикачі пульта керування системи попередження наближення землі «FLAP and GEAR inhibit switches» зафіксовані у положенні «normal». Переведення цих перемикачів у положення «inhibit» затримує сигнали про випуск закрилків та шасі для GPWS.

Режими роботи

Попереджувальна сигналізація

Сигналізатор червоного кольору з написом PULL UP (рис. 2.15) спрацьовує,

в тому випадку коли в ході польоту польоту зафіксовано передумови до першого, другого, третього або четвертого режиму.

Бурштиновий сигналізатор BELOW G/S спрацьовує тоді, як відхилення від глісади перевищує допустимий рівень. Попередження можна скасувати натиснувши на відповідну кнопку-сигналізатор.

Попереджувальне повідомлення червоного кольору «WINDSHEAR» у нижній частині EADI загорається кожен раз коли є місце зсуву повітряних мас.

Робота GPWS

Ключовим елементом системи GPWS є комп'ютер. В перелік виконуваних ним функцій входить: встановлення обмежень для виникнення сигналів попереджень. А також порівняння положення літака, зважаючи на обмеження, відносно землі. GPWS генерує сигнали попередження для звукової і візуальної сигналізації відповідно та передає їх на сигналізатори.

Інформація про положення закрилків та шасі необхідна для того, щоб підготувати або затримати певний режим. Ці сигнали можна не враховувати, для цього необхідно перемикачі «flap or gear inhibit switch» на пульті керування GPWS перевести в положення «inhibit».

Різнманітні параметри польоту надходять від сполучених систем та використовуються для розрахунку статусу літака для системи попередження про наближення землі. Ці вхідні параметри складаються з аналогових та цифрових сигналів (рис. 2.16).

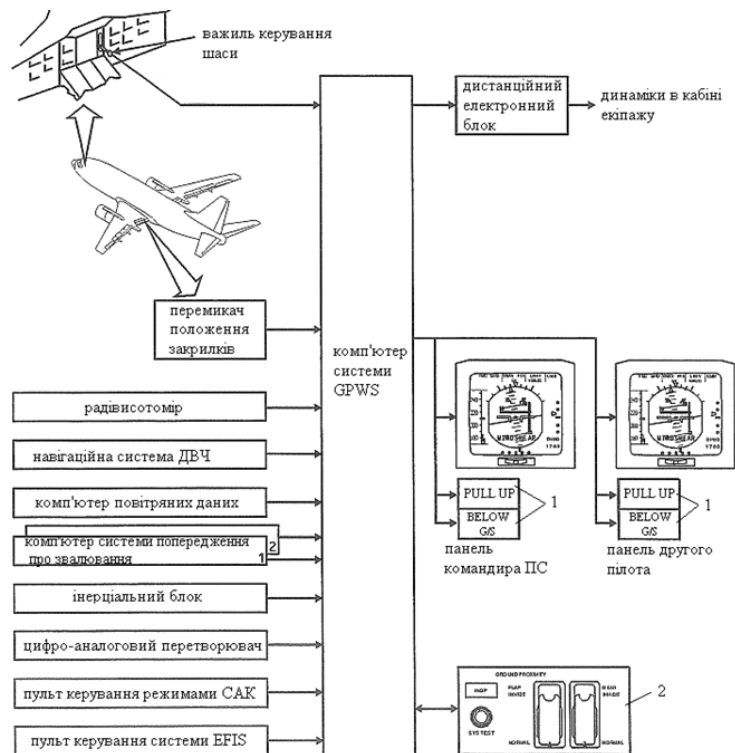


Рис. 2.14. Функціональна схема системи попередження наближення землі GPWS літака «Boeing 737»:

1 – світлові сигналізатори;

2 – пульт керування системою попередження наближення землі.

Вихідні сигнали для візуалізації сигналізації використовуються для засвітлення сигналізаторів *PULL UP*, *BELOW G/S* та повідомлення *WINDSHEAR*. Також ці сигнали надходять у систему *TCAS*.

Комп'ютер системи попередження наближення землі видає сигнал на спрацювання сигнального табло *INOP*, якщо було зафіксовано відмову GPWS або/і недостовірність вхідних сигналів

Висновки до розділу 2

Для роботи над другим розділом було обрано 3 літакових системи попередження зіткнення з землею. Дві з них являються вітчизняними, а третя це система, що встановлюється на літаку Boeing 737.

Виконавши аналіз цих систем та їх функцій, ми прийшли до висновку, що їх будова, інтерфейс, конструкція відрізняються проте є одна спільна особливість.

Дані системи працюють на основі інформації не власних, а датчиків сторонніх систем. Головним приладом, що співпрацює зі всіма СРППЗ являється радіовисотомір малих висот. Він виступає в ролі датчика, що передає інформацію про істинну висоту польоту з фізичною прив'язкою до земної поверхні.

Примітка: фізична прив'язка радіовисотоміра до земної поверхні – мається на увазі вимірювання істинної висоти польоту прямим методом, тобто радіохвилями.

Використання радіовисотоміра на етапах зльоту, заходу на посадку та маневруванні в районі аеродрому представляється можливим лише до висоти 1500 метрів. На висотах, що перевищують даний показник істинна висота польоту та значення вертикальної швидкості виконується непрямыми методами за допомогою датчиків системи повітряних сигналів, а при такому способі відсутній фізичний зв'язок повітряного судна із земною поверхнею.

Слідуючи за вище сказаним, при вирішенні завдання вимірювання істинної висоти польоту прямим методом при висотах польоту більше за 1500 метрів, а також для постійного вимірювання упередженої висоти розумним рішенням буде встановлення на борту літального апарату радіовисотоміра великих висот в комплексі з радіолокатором профільного польоту.

РОЗДІЛ 3

ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЛОКАТОРА ПРОФІЛЬНОГО ПОЛЬОТУ В ЯКОСТІ ДАТЧИКА СИСТЕМИ РАННЬОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРИБЛИЖЕННЯ ЗЕМЛІ

Під час польоту на малих висотах в режимі ручного управління збільшується вірогідність зіткнення літака з перешкодами або рельєфом. [8]. Реакції пілота недостатньо для огинання перешкод на високих швидкостях. Тому для забезпечення безпеки пілотування на малих висотах застосовують автоматизоване управління літаком.

3.1. Профільний політ повітряного судна.

Політ на малій висоті має специфічні психологічні особливості. Найважливіша принципова особливість – необхідність одночасного вирішення двох високо мотивованих задач: точного пілотування і виконання поставленої задачі. Високі швидкості польоту поблизу землі, короткочасне знаходження наземних орієнтирів в полі зору пілота, жорсткий дефіцит часу для прийняття рішення про виконання маневру – все це сприяє концентрації уваги на поставленій задачі в збиток техніці пілотування і, як наслідок, безпеки польоту.

У порівнянні з іншими видами польотів виникає важливість контролювання значення поточної висоти так, як при перевищенні заданого значення може призвести до того, що літак не зможе вийти на посадкову глісаду, а при зниженні нижче заданої висоти виникає небезпека зіткнення із земною поверхнею. При цьому пілот використовує як інструментальну інформацію так і візуально визначає висоту польоту.

Кафедра авіоніки				НАУ 20 03 75 000 ПЗ			
Виконав.	Грищенко В.С.			Використання радіолокатора профільного польоту в якості датчика СРППЗ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Павлова С. В.					62	110
Консульт.	Павлова С. В.				173 Авіоніка		
Н. Контр.	Левківський В.В						
Зав. каф.	Павлова С. В.						

Профільним польотом називають такий, що здійснюється на малих висотах при огинанні рельєфу місцевості зі збереженням заданого курсу.

Польоти на малих висотах прийнято розділяти на два типи:

- огинання перешкод в горизонтальній площині;
- огинання перешкод у вертикальній площині. [9].

Мало-висотний політ (МВП) з маневруванням у вертикальній площині, здійснюється таким чином, щоб висота траєкторії польоту була не менша заданої (рис. 3.1). На ділянках між вершинами перешкод політ виконується по найкоротшій траєкторії.

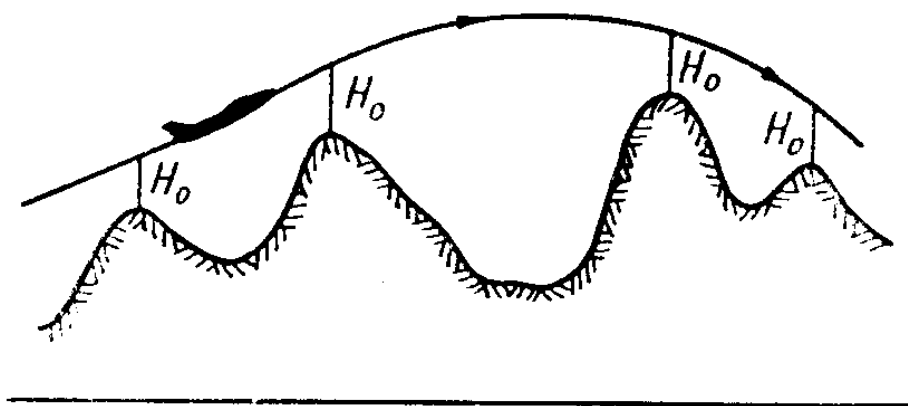


Рис. 3.1. Політ по огинаючій вершин перешкод.

Політ при якому відбувається найбільше зближення траєкторії до вертикального профілю рельєфу місцевості має назву – політ з огинанням рельєфу місцевості (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Політ з огинанням рельєфу місцевості.

Політ з виконанням маневрів в горизонтальній площині, при якому уникання перешкод відбувається з постійною висотою польоту називається політ з обходом перешкод (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Політ з обходом перешкод.

Як було зазначено раніше, виконання МВП в режимі ручного керування різко підвищує небезпеку зіткнення з наземними перешкодами або з височинами рельєфу. [10]. В умовах польоту на малій висоті свою специфіку має сприйняття наземних орієнтирів і перешкод. По-перше зменшується оглядова зона видимості земної поверхні (окремі елементи конструкції літака можуть перекривати огляд місцевості). По-друге має місце жорстке обмеження часу на ідентифікацію перешкоди. Також важливим фактором є умови видимості, рельєф місцевості, що впливають на дальність виявлення потенційно небезпечної загрози. Для підвищення ступеня безпеки польотів на малих висотах цей етап повинен підлягати автоматизації.

При польоті з огинанням перешкод, виконання літаком маневру у вертикальній площині має бути із забезпеченням постійної безпечної висоти H_0 відносно земної поверхні (рис. 3.4).

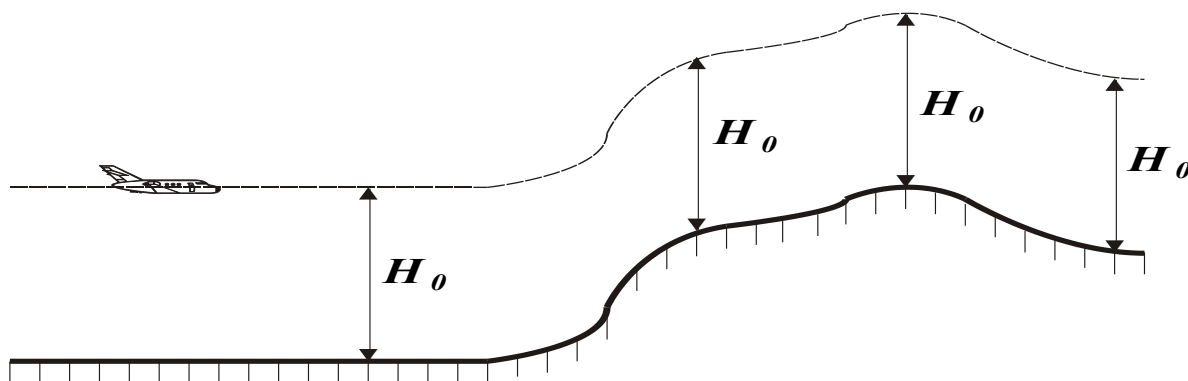


Рис. 3.4. Схема польоту з огинанням перешкод на малій висоті.

Для виконання такого виду польотів необхідні датчики прив'язки до земної поверхні іншими словами радіолокаційна станція профільного польоту (РЛПП), що завчасно видасть попереджувальне повідомлення екіпажу про можливу наявність перешкод на траєкторії польоту. Такі системи оперують інформацією про дальність та упереджену висоту за будь-яких метеорологічних умов та освітлення. РЛПП бувають далекомірні та кутомірні.

Упереджена висота H_y над точкою земної поверхні спереду літака на безпечній дальності D_0 визначається із трикутника АОВ (рис. 3.5):

$$H_y = D \sin \beta,$$

де D – дальність, виміряна до упередженої точки;

β - кут нахилу променя діаграми направленості антени (ДНА) РЛПП відносно вектору швидкості.

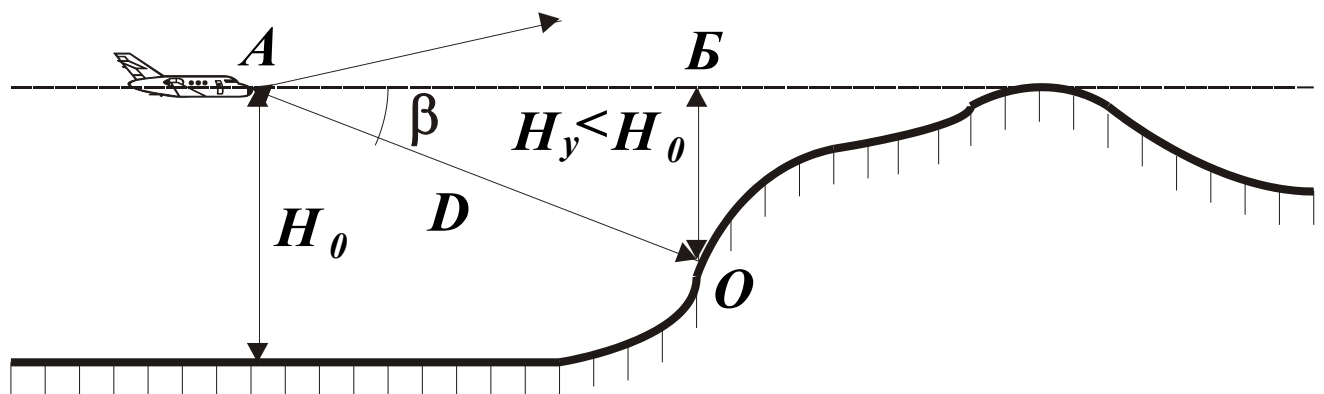


Рис. 3.5. Схема обчислення упередженої висоти

В далекомірних РЛПП антена встановлена нерухомо, і промінь ДНА зафіксований під кутом β до осі літака. Для подолання перешкоди вимірюється дальність до упередженої точки. При польоті здійснюється маневр у вертикальній площині так, щоб виміряна дальність D дорівнювала безпечній опорній дальності D_0 . При цьому упереджена висота H_y буде дорівнювати опорній висоті H_0 (рис. 3.6).

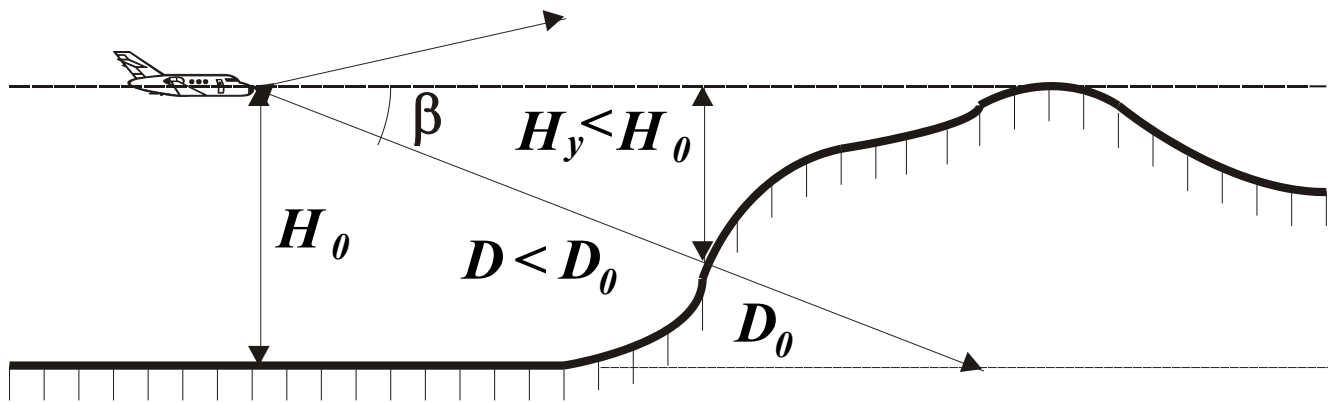


Рис. 3.6. Схема роботи далекомірної РЛПП

В кутомірних РЛПП фіксується значення вимірної дальності ($D = D_0$) шляхом переміщення антени у вертикальній площині. Для подолання перешкод вимірюється кут нахилу променя ДНА β , і льотчик виконує маневр у вертикальній площині, щоб $\beta = \beta_0$, при цьому $H_y = H_0$ (рис. 3.7).

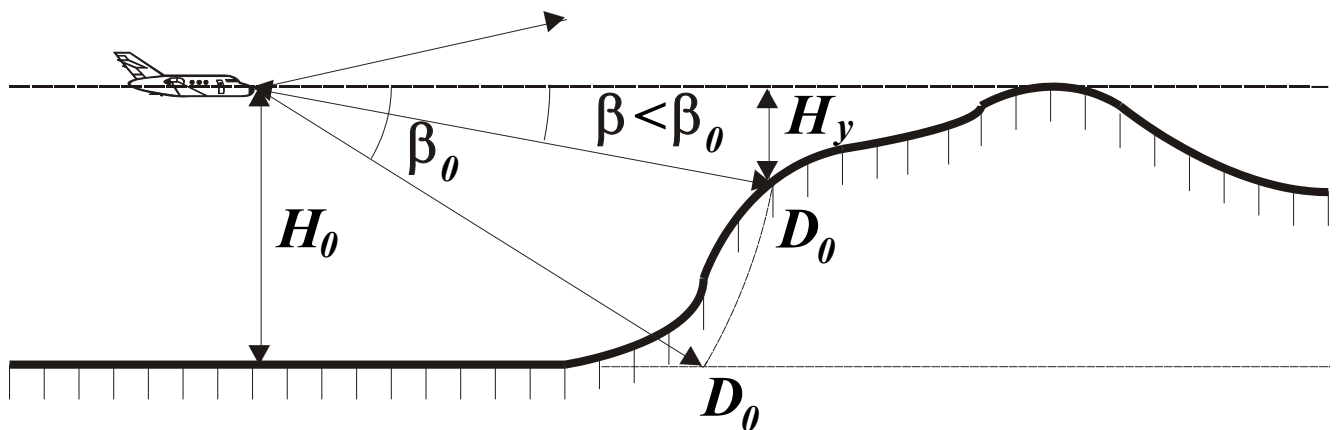


Рис. 3.7. Схема роботи кутомірного РЛПП

Таким чином, радіолокатор профільного польоту повинні забезпечувати проліт перешкод на відстанях, що є достатніми для виконання маневру у вертикальній площині.

3.2. Імпульсний радіолокатор профільного польоту.

Функцією РЛПП є забезпечення виміру висоти перешкоди, що лежить на шляху літака, з відстані яка є достатньою для виконання маневру їх уникнення.

Отже, виходячи з вище сказаного, безпечна дальність дії РЛПП пов'язана з маневреними характеристиками ЛА, швидкості польоту, а також рельєфу даної місцевості.

Для сучасних літаків при $V \leq 1000$ км/ч вона повинна бути не менше 5...20 км, а для гелікоптерів – 0,5...5 км.

Похибка σ_{H_y} обчислення висоти H_y польоту над упередженою точкою не повинна перевищувати середньоквадратичне значення σ_m зміни висоти польоту за рахунок турбулентності атмосфери. Це дає можливість визначити потрібну точність вимірювання дальності

$$\sigma_D \leq \frac{\sigma_m}{\sin \beta}$$

та кута візування упередженої точки

$$\sigma_\beta \leq \frac{\sigma_n}{D_0 \cos \beta_0} \text{ (рад).}$$

Так як під час польотів на малих висотах кут β дорівнює одиницям градусів, то на точність знаходження H_y головний вплив будуть давати похибки вимірювання кута візування β упередженої точки. Так, при $\sigma_m = 5$ м і $D_0 = 5$ км похибка вимірювання кута β не повинна перевищувати 0,36', що можна забезпечити при відліку за методом максимуму та ширині променю ДНА у вертикальній площині порядку 6...10'. Щоб одержати таку ширину променю ДНА, наприклад при $\lambda = 1$ см, антена повинна мати лінійний розмір у цій площині порядку 5...6 м. Таку антену встановити у носовій частині ЛА неможливо. Тому в РПП роблять відлік β за методом порівняння, при якому потрібна точність вимірювання β забезпечується при ширині променю порядку 1...3°, що можна реалізувати при лінійному розмірі антени порядку 40...60 см.

Зазвичай в РЛПП використовується моноімпульсна система вимірювання кута β з РСН у вертикальній площині. Вона дозволяє одночасно (не застосовуючи коливання променю по нахилу) визначити висоту польоту по курсу на ділянці $D_{\min} \dots D_{\max}$ шляхом вимірювання кута γ між РСН та напрямком на спостережувану точку земної поверхні на цій ділянці.

В якості прикладу розглянемо структурну схему РЛПП далекомірного типу (рис. 3.8), антена якої встановлена нерухомо під кутом β_0 до осі літака. РЛПП забезпечує вимірювання дальності до упередженої точки земної поверхні і видає сигнал похибки $\Delta D = D_{\text{вим}} - D_0$ в систему управління для виконання маневру у вертикальній площині.

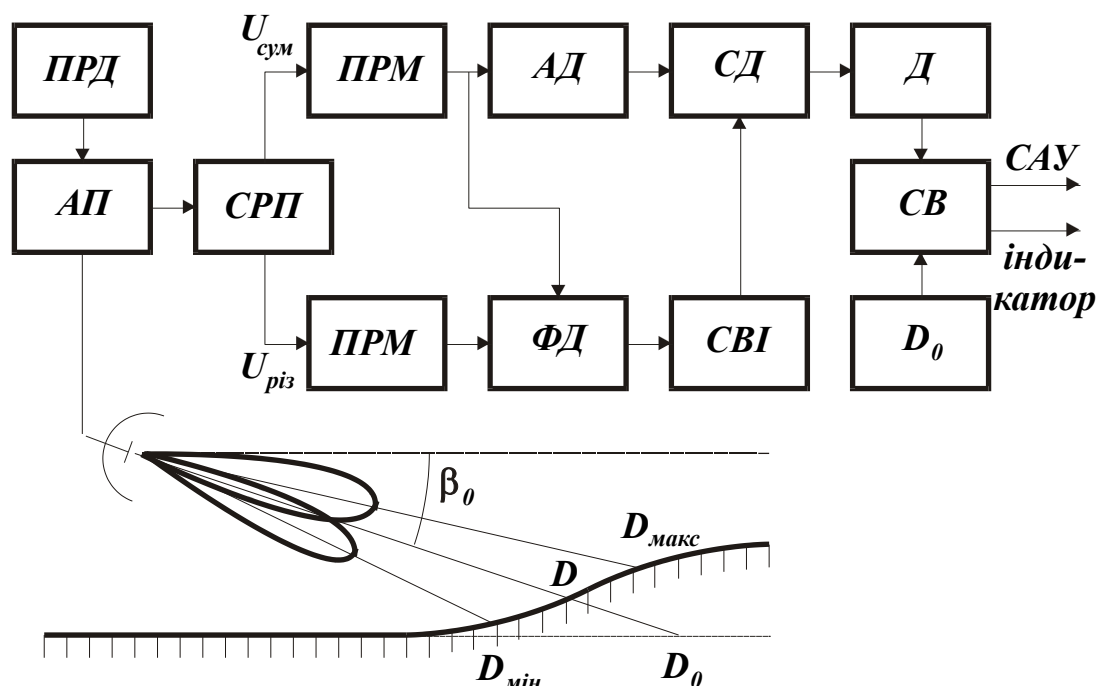


Рис. 3.8. Структурна схема РЛПП далекомірного типу

Передавач генерує радіоімпульси з певною встановленою частотою та періодичністю повторення. Імпульси випромінюються в навколишнє середовище попередньо пройшовши через антенний перемикач (АП).

Імпульси, що віддзеркалюються від земної поверхні надходять у сумарно-різницевий пристрій (СРП), де формуються сигнали – сумарний та різницевий відповідно.

Обидва приймачі відкриваються в діапазоні $D_{\min} \dots D_{\max}$, щоб зменшити кількість прийнятих сигналів за дальністю. Сумарний та підсилений сигнал надходить до фазового детектору (ФД). Функціональне призначення схеми вимірювального імпульсу (СВІ) та селектора по дальності (СД) полягає у тому, щоб дальність вимірювалась тільки до точки земної поверхні, розташованої на РСН. Напруга на виході ФД дорівнює нулю в той самий момент коли приходить сигнал, відбитий від точки земної поверхні, що розташована на РСН. Імпульс, що відкриває СД виробляється СВІ. В цей момент з виходу амплітудного детектора (АД) через відкритий СД на далекомір (Д) надходить імпульс. Далекомір вимірює дальність до точки земної поверхні на РСН і видає напругу, пропорційну цій дальності. В схемі віднімання (СВ) ця напруга порівнюється з напругою, пропорційною опорній дальності, і виробляється сигнал похибки, який може надходити у САУ для автоматичного керування мало висотним польотом або на індикатор (І).

При застосуванні РЛПП на малих висотах польоту існує певна особливість: в момент часу, коли літак буде знаходитись біля вершини перешкоди, порушується радіолокаційний контакт ДНА з земною поверхнею, тому в реальних умовах польоту РЛПП співпрацює разом з радіовисотоміром малих висот. При польоті над вершиною перешкоди (до встановлення радіолокаційного контакту із землею) сигнал управління формується шляхом порівняння висоти польоту, що вимірюється за допомогою РВ, з опорним значенням H_0 .

Для забезпечення виконання безпечних польотів на малих висотах в склад СРППЗ потрібно включити, в якості датчика фізичного зв'язку із земною поверхнею, далекомірний РЛПП. А також систему автоматичного керування літаком розширити шляхом введення додаткового режиму «мало висотний режим польоту», такі міри дозволять автоматизувати політ літака на малих висотах за допомогою передачі керування автопілоту згідно сигналам РЛПП.

В якості радіолокаційних станцій профільного польоту на регіональних та магістральних літаках пропонується використовувати імпульсний радіовисотомір великих висот (РВ), що буде встановлюватись у нижній носовій частині

повітряного судна з деяким фіксованим кутом β відносно повздовжньої осі ПС. В такому випадку ІРВ буде виконувати функції далекомірного РЛПП (рис. 3.6) і дозволить виконувати політ на траєкторії із додержанням постійної безпечної висоти H_0 над земною поверхнею.

Згідно своїх характеристик ІРВ являється імпульсною радіолокаційною станцією з вузькою діаграмою направленості. Використання ІРВ в якості далекомірного РЛПП дозволить реєструвати зміну рельєфу земної поверхні в упередженій точці на маршруті руху ПС.

Встановлення вище описаної системи, як датчика СРППЗ, дозволить екіпажу або системі автоматичного керування забезпечувати уникнення з потенційно небезпечними підвищеннями рельєфу земної поверхні. В свою чергу це можливо завдяки тому, що на відміну від інших систем, що входять до складу СРППЗ така система має фізичну прив'язку до земної поверхні.

3.3. Імпульсний радіовисотомір великих висот.

Імпульсні радіовисотоміри (ІРВ) великих висот (ВВ) належать до імпульсних радіонавігаційних далекомірів (РНД) без відповідача, принцип вимірювання висоти яких заснований на вимірюванні часового інтервалу між моментами випромінення та прийому відбитих від поверхні землі радіоімпульсів [11]. Одним словом ІРВ представляє собою найпростішу імпульсну радіолокаційну станцію (РЛС). Перші типи радіовисотомірів мали призначення вимірювати середні і великі висоти польоту (від 500 м до 30 км). Згодом були розроблені імпульсні РВ, що дозволяли вимірювати малі (від 0 до 1500 м) і середні висоти, а також вертикальну швидкість ПС.

Через те, що імпульсні РВ ВВ поступаються точністю РВ малих висот то вони не застосовуються при посадці літака по категоріям, проте своє місце вони знайшли при вирішенні навігаційних і спеціальних задач (скидання вантажів, фотографування земної поверхні і т.д) [12].

В ІРВ великих висот принцип вимірювання висоти аналогічний принципу вимірювання дальності в автономних радіонавігаційних далекомірах, тобто

вимірюється часовий інтервал розповсюдження сигналу від передавальної антени до земної поверхні і назад до приймальної антени, які знаходяться на борту літального апарата [13].

Стандартний імпульсний радіовисотомір, функціональна схема якого зображена на рис. 3.9, складається з передавача, синхронізатора, приймача і блока вимірювання та індикації. Як синхронізатор використовується генератор синусоїдних коливань, які підводяться до передавача і генератора розгортки. В передавачі виробляються короткі радіоімпульси, які випромінюються у напрямі до землі за допомогою передавальної антени.

Частота повторення радіоімпульсів співпадає з частотою синусоїдальних коливань синхронізатора. Після відображення від поверхні землі ці імпульси прямують на вхід супергетеродинного приймача.

Приймач і передавач радіовисотоміра працюють у дециметровому діапазоні радіохвиль. Більш короткі хвилі не використовуються, в силу того, що шорсткість поверхні має суттєвий вплив на перевідбивання хвиль і значне зменшення тих, що повертаються на антену. При використанні довших хвиль довелося би збільшувати розміри антени, що для використання на літаку не є доцільним.

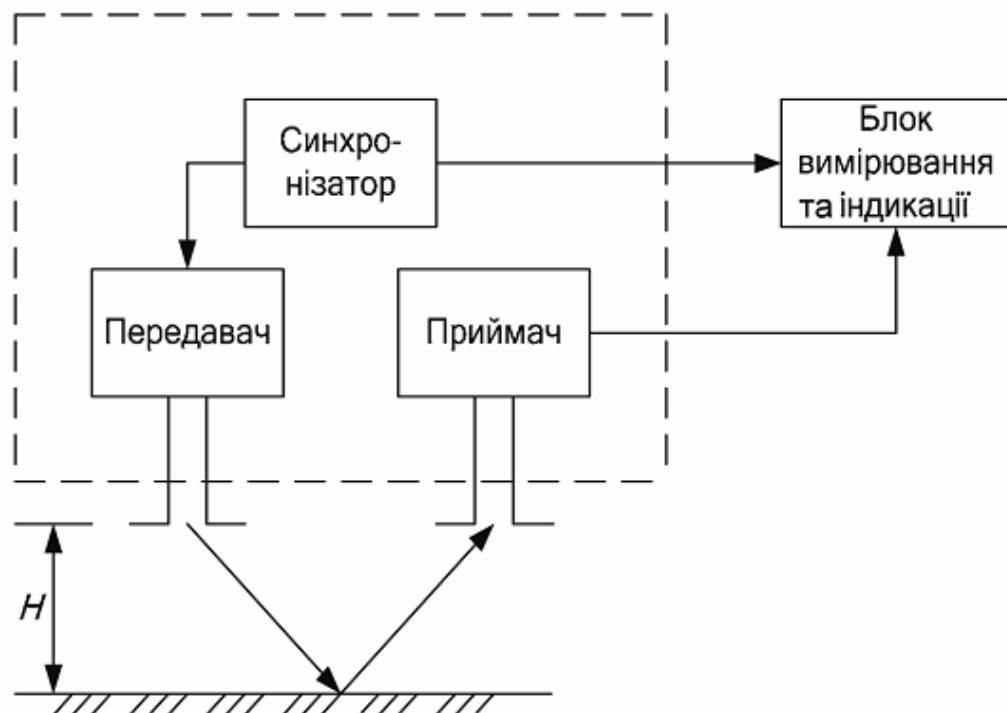


Рис. 3.9. Функціональна схема типового імпульсного радіовисотоміра

Приймач приймає радіоімпульси, перетворює, посилює, а потім детектує. Імпульси з виходу приймача надходять до блоку вимірювання та індикації. В сучасних радіовисотомірах висота вимірюється цифровим способом. Опорний імпульс є початком відліку, що приходить від передавача. Момент який відповідає закінченню відліку, визначається по передньому фронту відображеного імпульсу, який запізнюється відносно опорного імпульсу на якийсь час – τ .

$$\tau = \frac{2H}{c}$$

Часовий інтервал між моментами випромінювання передавачем імпульсного сигналу і прийманням відображеного сигналу в блоці вимірювання та індикації заповнюється лічильними імпульсами, які потім за допомогою цифрових схем підраховуються [8]. Відображення цих результатів забезпечується цифровими індикаторами, а для подальшої обробки вони відправляються до БЦОМ.

Сучасним ІРВ великих висот належать ряд характерних особливостей [14]. За допомогою підрахунку числа вимірювальних імпульсів, що сформовані спеціальними кварцовим генератором можна виміряти часовий інтервал даного РВ. У зв'язку з цим збільшується точність вимірювання істинної висоти, а також з'являється можливість ввести інформацію про висоту безпосередньо в бортову цифрову обчислювальну машину (БЦОМ). Для підвищення завадостійкості це проводить у двійковому коді. Для захисту ІРВ від впливу зовнішніх завад період повторення відбитих радіоімпульсів модулюється певною частотою, наприклад 400 Гц. [10]

Типова структурна схема ІРВ великих висот наведена на рис. 3.10.

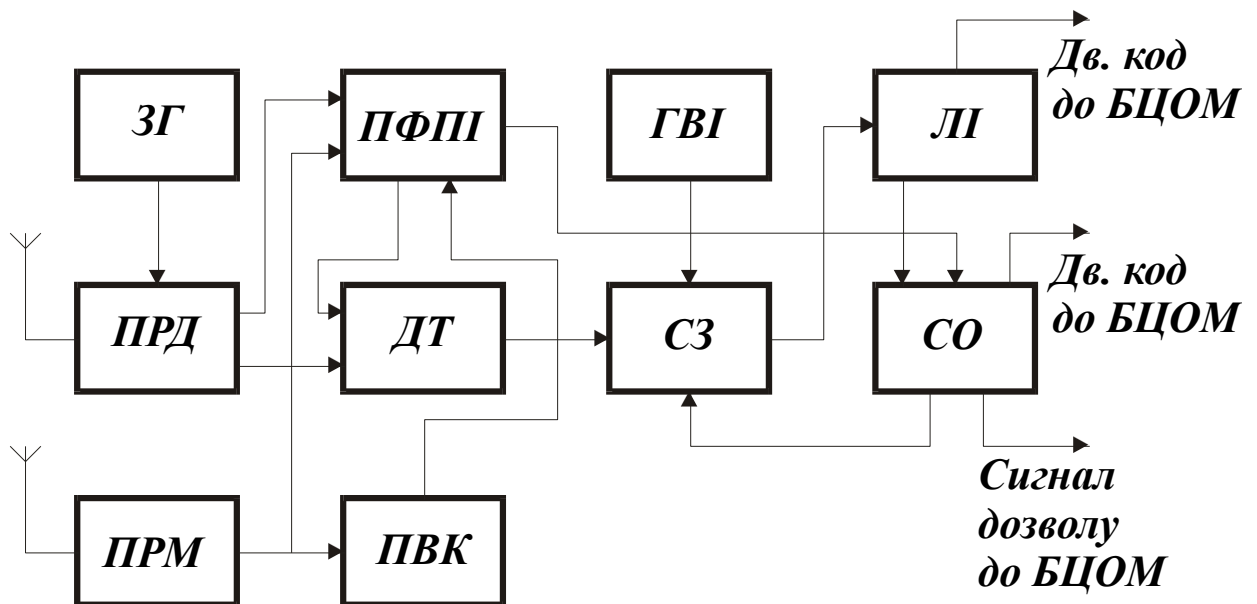


Рис. 3.10. Структурна схема ІРВ великих висот.

ІРВ ВВ має два основних режими роботи: режим стеження (вимірювання висоти) та режим пошуку відбитого сигналу. Також в ІРВ реалізований режим вбудованого контролю, що забезпечує перевірку готовності до роботи ІРВ в аеропорту, в польоті та при проведенні регламентних робіт. Застосування регістрів пошуку та стеження підвищує завадостійкість ІРВ до впливу зовнішніх та внутрішніх завад. Результати підрахунку вимірювальних імпульсів в окремих періодах повторення радіоімпульсів осереднюються за кілька періодів і тільки після цього видається інформація про виміряну висоту.

Робота РВ реалізується наступним чином (рис. 3.10) [10]. Задаючий генератор (ЗГ) призначений для синхронізації роботи всіх елементів РВ. Так на передавач надходять імпульси запуску модулятора, під їх дією ВЧ-генератор створює радіоімпульси з певним періодом повторення T_i . Передавальна антена ІРВ випромінює ці радіоімпульси. В той же час коли випромінюється радіоімпульс в кожному періоді, запускається дозволяючий тригер (ДТ) імпульсом з модулятора. З виходу дозволяючого тригера, в момент його спрацювання, подається так званий дозволяючий сигнал на один із входів схеми збігу (СЗ). На інший вхід цієї схеми надходять вимірювальні імпульси з кварцового генератора вимірювальних імпульсів (ГВІ), що потім підлягають

підрахуванню у лічильнику імпульсів (ЛІ) протягом часу, доки в даному періоді T_i відкрита СЗ. На третій вхід СЗ надходить імпульс зі схеми осереднення (СО).

Схема збігу за третім входом залишається відкритою на протязі n періодів, сигналом зі схеми осереднення, а на протязі наступних n періодів – закритою, якщо, наприклад, осереднення одиничних вимірювань висоти проводиться за n періодів повторення. При цьому, в той час коли СЗ закрита, тригери лічильника імпульсів залишаються в незмінному стані. При наявності сигналу дозволу зняття інформації дані про висоту через вихідні каскади надходять на вихід РВ (в режимі стеження).

Разом із запуском передавача спеціалізований пристрій формування пошукового імпульсу (ПФПІ) генерує пошуковий імпульс. В режимі пошуку даний імпульс рухається уздовж головної осі від початку до кінця діапазону пошуку. При наявності відбитого сигналу, що приходить з виходу приймача або пристроя вбудованого контролю (ПВК в режимі контролю), пошуковий імпульс співпадає у часі з цими імпульсами. Пошуковий імпульс встановлює дозволяючий тригер у вихідний стан, після чого підрахунок вимірювальних імпульсів зупиняється.

В режимі пошуку зчитування двійкового коду з тригерів лічильника заборонено, у зовнішні кола не надходять сигнали “Захоплення” та сигнал дозволу зчитування інформації. В режимі вимірювання пошуковий імпульс автоматично стежить за зміною висоти.

В наш час на авіаційній техніці встановлюють ІРВ ВВ наступних типів (рис. 3.11.а,б,в) [15]:

- РВ-10, РВ-15, РВ-17, РВ-18 (А-031), РВ-21 (А-035), А-063, А-075 (Росія);
- АН/АРН-110, АН/АРН-157 (США).

Такі висотоміри здатні виконувати свої функції в межах від 500 м до 30 км, максимальна похибка визначення висоти дорівнює приблизно $(1,5 \pm 0,015H)$ м [12]. При проведенні вимірювань радіовисотомірами висоти з кутами крену і тангажу допустимими є кути $\pm 30^\circ$ і $\pm 15^\circ$ відповідно.



Рис. 3.11.а. Імпульсний радіовисотомір великих висот А-035 (встановлюється на літаках Ан-26, Ту-22М2).



Рис. 3.11.б. Імпульсний радіовисотомір великих висот А-063 (встановлюється на літаках Ту-22М3, Ту-142, Ту-160).

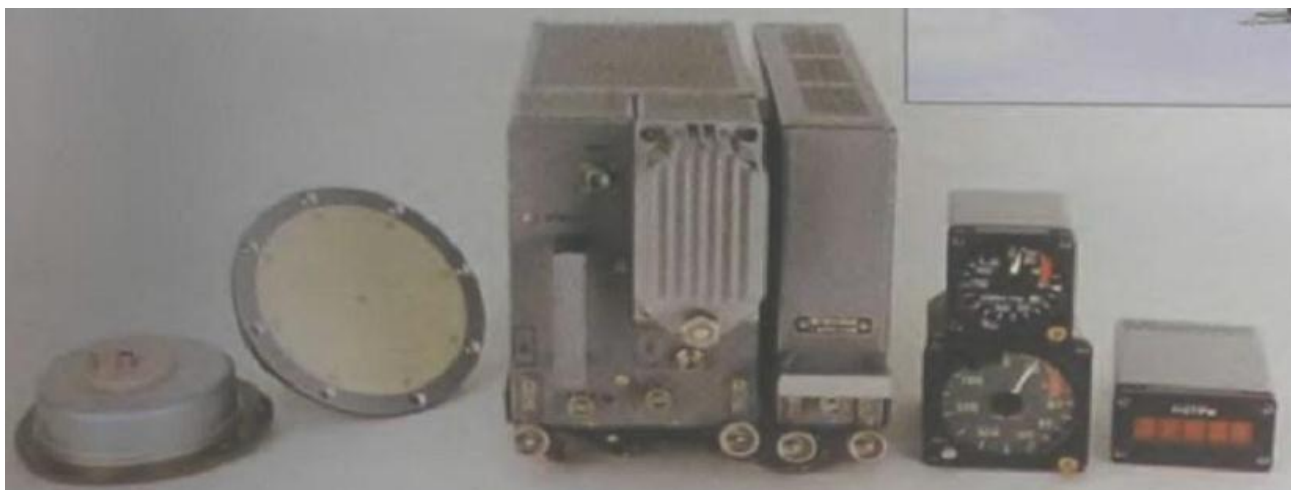


Рис. 3.11.в. Імпульсний радіовисотомір великих висот А-075 (встановлюється на літаках Су-27, Су-30, Су-32).

Зразком такого РВ являється імпульсний радіовисотомір, що об'єднує в собі можливості вимірювання як малих так і великих висот. Таке сполучення функцій дає змогу поліпшити вагу та габаритні розміри встановлюваної апаратури.

До складу радіовисотоміра входять: приймач-передавач, індикатор висоти та дві антени. Технічні характеристики ІРВ А-075 занесені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики радіовисотоміра А-075	
1	2
Діапазон частот, ГГц	4,2 - 4,4
Діапазон вимірюваних висот, м	0 - 25000
Похибка вимірювання висоти, м	(1,5 + 0, 015 Н), де Н - вимірювана висота
Середній час напрацювання на відмову, год	2500
Вага, кг:	
- прийомо-передавач	6
- індикатор висоти	1,5

1	2
- антена	0,55
Габаритні розміри, мм:	
- прийомо-передавач	380 x 124 x 194
- індикатор висоти	85 x 85 x 212
- антена діаметр	165 x 68
Електроживлення, В	27
Споживча потужність, Вт	75

Отже для IPB BB доступна можливість отримування в цифровому вигляді інформації про відстань до земної поверхні, якщо бути точним у своїх висловлюваннях, то істинну висоту – в якості висотоміра, а відстань до упередженої точки – в якості РЛПП. Також можливість передачі цих даних до БЦОМ для інформування екіпажу, використання для навігації повітряного судна і цілком очевидно для використання в якості РЛПП для СРППЗ.

Таким чином IPB BB має можливість в цифровому вигляді отримувати інформацію про відстань до земної поверхні (істинну висоту – в якості висотоміра або відстань до упередженої точки – в якості РЛПП), яку передає до БЦОМ для індикації екіпажу, застосування в навігаційній системі літального апарату та можливого використання в якості РЛПП для СРППЗ.

3.4. Розрахунок енергетичних характеристик радіолокатора профільного польоту на основі імпульсного радіовисотоміра великих висот

Одними з головних характеристик РЛПП є мінімальна і максимальна дальності дії системи [16]. Для імпульсного радіодальноміра без активної відповіді чим власне і являється РЛПП мінімальна дальність дії (інша назва «мертва зона») визначається якістю і стабільністю роботи приймача.

Після того як приймальна антена зафіксує сигнал відбитий від земної поверхні, передавальна антена випромінює зондувальний імпульс. Для цього

необхідно знизити до мінімального значення тривалість зондуючого імпульсу, що при стабільній потужності сигналу дозволить підвищити енергію імпульсу і знизити мінімальний рівень вимірюваної висоти [17]. Використання імпульсів тривалістю в декілька наносекунд забезпечують гарну роздільну здатність по дальності (менше 1 м), що дозволяє зменшити до мінімуму «мертву зону» одним словом наблизити роздільну здатність імпульсного радіовисотоміра до роздільної здатності частотного радіовисотоміра, як наслідок застосовувати ІРВ на всіх режимах польоту.

Так у сучасних ІРВ використовуються імпульси тривалістю $\tau_i = 0,25\text{--}0,5$ мкс, тому вони мають мінімальну вимірювану висоту:

$$H_{\min} = \frac{\tau_i c}{2} = \frac{(0,25 - 0,5) \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^8}{2} = 38 - 75 \text{ м},$$

де $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – швидкість поширення радіохвиль.

При застосуванні імпульсів наносекундної тривалості $\tau_i = 1\text{--}2$ нс мінімальна вимірювана висота може бути:

$$H_{\min} = \frac{\tau_i c}{2} = \frac{(1 - 2) \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot 10^8}{2} = 1,5 - 3 \text{ м}.$$

Виходячи з наведеної вище формули, використання імпульсів тривалістю декілька наносекунд дає змогу застосовувати ІРВ в якості висотоміра малих висот. Проаналізувавши технічних данні ІРВ А-075 можна розрахувати його основні параметри та відносно них визначити його максимальну дальність дії.

Так як діаметр передавальної та приймальної антен ІРВ однаковий і складає $d_a = 0,165$ м, а кутові координати ДНА $\theta_{\text{аг}} = \theta_{\text{ав}} = 40^\circ$, враховуючи діапазон частот $f_0 = 4,2\text{--}4,4$ ГГц (4200 – 4400 мГц) розрахуємо довжину хвилі радіовисотоміра

$$\lambda_{\text{ІРВ}} = \frac{d_a}{1,029} \cdot \sin \frac{\delta\theta}{1,5} = \frac{0,165}{1,029} \sin \frac{40^\circ}{1,5} = 0,072 \text{ м},$$

або

$$\lambda_{\text{ІРВ}} = \frac{300}{f_0} = \frac{300}{(4200 - 4400)} = 0,068 \div 0,072 \text{ м}.$$

Згідно проведених розрахунків довжина хвилі IPB складає $\lambda_{IPB} = 0,068 - 0,072 \text{ м} \approx 0,070 \text{ м} = 7 \text{ см}$.

Ширина ДНА φ_a вираховується за виразом

$$\varphi_a = \frac{\delta\theta}{1,5} = \frac{40^\circ}{1,5} = 26,6^\circ$$

Формула обчислення максимальної дальності дії РЛПП на основі IPB буде мати вигляд [14]:

$$D_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_{i \text{ пер}} \cdot G_{a \text{ пер}} \cdot G_{a \text{ пр}} \cdot \lambda_{IPB}^2 \cdot \sigma_s}{(4\pi)^3 \cdot P_{\text{пор пр}}}},$$

де $P_{i \text{ пер}}$ – імпульсна потужність передавача;

$G_{a \text{ пер}}, G_{a \text{ пр}}$ – коефіцієнт підсилення антен (передавальної та приймальної);

λ_{IPB} – довжина хвилі IPB;

σ_s – ефективна площа розсіювання (ЕПР) ділянки земної поверхні (S);

$P_{\text{пор пр}}$ – мінімальна порогова потужність приймача.

Аналіз характеристик існуючих IPB ВВ показав, що:

$$P_{i \text{ пер}} = 2 \text{ Вт};$$

$$\lambda_{IPB} = 0,072 \text{ м};$$

$$P_{\text{пор пр}} = 2 \cdot 10^{-13} \text{ Вт};$$

У виразі для D_{max} потрібно обчислити коефіцієнт підсилення антен $G_{a \text{ пер}}, G_{a \text{ пр}}$, а також ефективну площу розсіювання ділянки земної поверхні σ_s .

Припустимо, що передавальна та приймальна антени однотипні, то вони матимуть однакові коефіцієнти підсилення, що виражаються виразом:

$$G_{a \text{ пер}} = G_{a \text{ пр}} = \eta_a \frac{4\pi^2}{\varphi_{a \text{ г}} \cdot \varphi_{a \text{ в}}} = 0,9 \frac{4 \cdot 3,14^2}{0,215481} = 164,88$$

де $\eta_a = 0,8 - 0,9$ – коефіцієнт корисної дії антени;

$\varphi_{a \text{ г}}, \varphi_{a \text{ в}}$ – горизонтальна та вертикальна складові ДНА (в радіанах).

Ефективна площа розсіювання ділянки земної поверхні σ_s обчислюється як добуток на площу опроміненої поверхні S_Σ :

$$\sigma_s = \sigma_0 \cdot S_\Sigma,$$

питому ЕПР поверхні землі σ_0 візьмемо з таблиці 3.2 для $\lambda_{\text{ГРВ}} = 0,03\text{м}$, кута падіння 50° горизонтальної (ГГ) та вертикальної поляризації (ВВ) та переведемо значення питомої ЕПР у відношення потужностей відповідно до таблиці 3.3:

$$\sigma_0 = -20 \text{ дБ} = \frac{1}{100} (\text{разів}).$$

Таблиця 3.2

Приблизні значення питомих ЕПР

Объекты	Угол падения, град	σ_0 , дБ		
		$\lambda = 3,0 \text{ см}$		$\lambda = 70 \text{ см}$
		ГГ	ВВ	ГГ, ВВ
Море, волнение 2 балла	10	-40	-32	-50
	20	-38	-28	-45
	50	-35	-30	-42
Море, волнение 6 баллов	10	-35	-30	-35
	20	-30	-25	-32
	50	-27	-22	-30
ВПП	10	-40	-30	-60
	20	-32	-24	-58
	50	-20	-18	-55
Степь, зима, снег	10	-23	-23	-60
	20	-17	-17	-55
	50	-14	-14	-50
Степь, лето, трава	3	-35	-35	-60
	10	-16	-15	-55
	20	-15	-15	-53
	50	-12	-12	-50
Пустыня, камни, песок	10	-18	-20	-45
	20	-15	-17	-40
	50	-12	-14	-35
Лес	10	-14	-14	-35
	20	-14	-15	-30
	50	-12	-12	-25

Таблиця 3.3

Конвертування відношення потужностей в дБ:

P_1/P_0	10000	100	10	≈ 4	≈ 2	≈ 1.26	1	≈ 0.79	≈ 0.5	≈ 0.25	0.1	0.01	0.0001
L	40 дБ	20 дБ	10 дБ	6 дБ	3 дБ	1 дБ	0 дБ	-1 дБ	-3 дБ	-6 дБ	-10 дБ	-20 дБ	-40 дБ

Поверхня площі S_{Σ} , що опромінюється знаходиться за наступною формулою:

$$S_{\Sigma} = \pi \cdot D^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi_a}{2},$$

тоді для $D \geq 20000$ м

$$S_{\Sigma} = 3,14 \cdot 20000^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{26,6^\circ}{2} = 70185561 \text{ м}^2,$$

$$\text{тоді } \sigma_s = \sigma_0 \cdot S_{\Sigma} = \frac{70185561}{100} = 701855,61 \text{ м}^2.$$

Згідно розрахунків визначимо максимальну дальності дії РЛПП на основі ІРВ:

$$D_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_{i \text{ пер}} \cdot G_{a \text{ пер}} \cdot G_{a \text{ пр}} \cdot \lambda_{\text{ІРВ}}^2 \cdot \sigma_s}{(4\pi)^3 \cdot P_{\text{пор пр}}}} =$$

$$= \sqrt[4]{\frac{2 \cdot (164,88)^2 \cdot (0,072)^2 \cdot 701855,61}{(4 \cdot 3,14)^3 \cdot 2 \cdot 10^{-13}}} = 26590 \text{ м.}$$

Після проведення розрахунків можна зробити заключення, що максимальна дальність дії РЛПП з ІРВ в якості далекоміра становить 26 км 590 м. Також варто додати, що на дальність дії суттєвий вплив створюють: перевідбиття і в деякій мірі поглинання сигналу навколишніми перешкодами і земною поверхнею; також одним з чинників є висота польоту повітряного судна. Проте все ж таки для сучасних умов польоту дальності в майже 27 км достатньо для завчасного попередження екіпажу про небезпеку зіткнення із землею і виконання останніми маневру для його уникнення.

3.5. Застосування імпульсного радіовисотоміру великих висот в якості радіолокатора профільного польоту для СРППЗ

Для реалізації описаної ідеї щодо модернізації СРППЗ та виконання функцій РЛПП пропонується використати імпульсний радіовисотомір великих висот. Даний агрегат буде встановлений в нижній частині носового обтічника під певним, фіксованим кутом β відносно повздовжньої осі літального апарату.

Використання ІРВ ВВ в якості далекомірного РЛПП дозволяє здійснювати низько висотний політ, при цьому витримуючи постійну безпечну висоту H_0 відносно земної поверхні.

При використанні ІРВ ВВ в якості далекомірного РЛПП стане можливим фіксувати зміну рельєфу земної поверхні в упередженій точці по ходу траєкторії польоту ЛА. В свою чергу цю систему можна використовувати в якості датчика СРППЗ. Такий крок обґрунтований тим, що на відміну від інших систем які входять до складу СРППЗ, цей має фізичну прив'язку до земної поверхні. Основною характеристикою описаної системи являється кут нахилу ДНА - β , котрий необхідно обрати відповідно до розрахунку максимально небезпечної висоти польоту по відношенню до зіткнення із земною поверхнею.

Виконавши аналіз інформаційних джерел можна відмітити, що небезпечними висотами польоту у відношенню зміни форм рельєфу підстилаючої поверхні являються висоти 2000-25000, що характеризують області аеродромів оточених щільним гірським рельєфом.

Отже для безпечного виконання профільного польоту на висоті скажемо 2000 м, кут нахилу ДНА РВ ВВ має становити близько $\beta = 10^\circ$ (рис. 3.6). Тоді, коли буде мати місце зміна рельєфу місцевості, сигнал для екіпажу від СРППЗ буде видано з відстані орієнтовно:

$$D_0 = \frac{H_0}{tg\beta} = \frac{2000}{tg 10^\circ} = 11342 \text{ м.}$$

Слід врахувати той фактор, що діє обмеження по швидкості відносно висоти. Так максимальна швидкість на висоті від 3000 до 10000 футів становить 250 вузлів/год або 463 км/год. За умовою висота 2000 м тому і швидкість буде обмежена. Виконаємо розрахунок часу на виконання попередження:

$$t_m = \frac{D_0}{V} = \frac{11342 \text{ м}}{128,6 \text{ м/с}} = 88,2 \text{ сек.}$$

Як можна побачити з формули, використання ІРВ в якості далекомірного РЛПП забезпечує реєстрацію зміни рельєфу поверхні землі на траєкторії

маршруту в певній упередженій точці. При цьому відстань на якій відбувається реєстрація є більш чим достатня для даних умов, а також під час розрахунків стало відомо, що часовий проміжок в 88 секунд повністю задовольняє інженерно-психологічні вимоги на реакцію у пілотів.

Для забезпечення визначення істинної висоти якщо така перевищує 1500 метрів, а також в якості РЛПП на вітчизняному літаку Ан-148 пропонується використовувати два комплекти обладнання радіовисотомірів А-075. Один з них як РЛПП, а інший для вимірювання істинної висоти, при цьому замінивши один із штатних РВ А-053. Для порівняння характеристик даних РВ, рекомендується розглянути таблицю 3.4.

Таблиця 3.4.

Порівняльні характеристики висотомірів А-053 та А-075

Тип	Діапазон вимір. висот, м	Похибка вимірювання висоти, м	Час напрац. на відм., год	Маса заг., кг
А-053	0...1500 Діапазон індикації: 0...300; 0...750; 0...1500.	$\pm 0,45$ або $\pm 0,02H$ – цифровий вихід; $\pm (1,5+0,05H)$ – індикатор.	8000	3,2 (Приймач-передавач – 2 кг.; Індикатор висоти – 1 кг.; антена (2 шт.) – 0,1 кг. кожна
А-075	0 ... 25000	$\pm (1,5+0,015H)$	2500	8,6 (Приймач-передавач – 6 кг.; Індикатор висоти – 1,5 кг.; антена (2 шт.) – 0,55 кг. кожна

Радіовисотомір А-053 регіонального літака - бортова радіолокаційна станція з безперервним випромінюванням частотно-модульованих радіохвиль. Призначений для безперервного автоматичного вимірювання істинної висоти польоту в рамках від 0 до 1500 м, як правило на етапі зльоту і посадки. Перевагами є малі габаритні розміри і масу, надійність високого рівня та достовірність виданої інформації. Пристрій забезпечується живленням від мережі постійного струму 27В – 15 Вт (приймач-передавач); 40 Вт (приймач-передавач з двома індикаторами). Радіовисотомір призначений для використання на ПС авіації загального призначення; встановлений на Ан-148; Іл -112; Іл-114.

Імпульсний радіовисотомір А-075 – поєднує в собі переваги обох радіовисотомірів. Призначений для вимірювання малих та великих висот. А в такому випадку дозволяє зменшити займаний на борту об'єм апаратури. Радіовисотомір від назви призначений для виміру висот, проте застосовуватись в систем автоматичного управління; аерофотокомплексів для картографування; систем ручного управління з індикацією інформації про висоту на показчик (індикатор), який знаходиться в кабіні пілотів. Електроживлення забезпечується постійним струмом напругою 27В (споживана потужність 75 Вт).

Запропонована установка даного приладу на борту літака зображена на рис. 3.12. Такий крок по модернізації забезпечить вимірювання істинної висоти (1), а також (2), як датчик системи СРППЗ (радіолокатор профільного польоту).



Рис. 3.12. Схема розміщення ІРВ ВВ на літаку АН-148



Рис. 3.13. Структурна схема удосконаленої СРППЗ з ІРВ в якості радіолокатора профільного польоту на літаку АН-148

Використання імпульсного радіовисотоміра великих висот в складі бортового обладнання сучасного повітряного судна забезпечить точне вимірювання відстані до упередженої точки рельєфу, а також визначення зміни упередженої висоти з метою контролю небезпечних перешкод та/або підвищень рельєфу і наступною передачею інформації такого роду до системи СРППЗ.

Для забезпечення визначення параметрів D та H_y необхідна сумісна робота з курсовертикаллю з обов'язковим урахуванням кутів еволюцій літака (крен, тангаж). Забезпечення ОСЛ тією ж інформацією дозволить провести порівняння рельєфу місцевості в упередженій точці з інформацією польотного плану. А наявність сигналів про D та H_y в таких системах як КУРС та РСБН дозволить вести контроль за навколишнім рельєфу місцевості на малих висотах при виконанні посадкових маневрів.

Висновки до розділу 3

При польотах на малих висотах основною задачею є контроль висоти, а також спостереження за характером зміни рельєфу місцевості, якщо виразитись іншими словами – використовувати профільний політ.

В даному розділі ми впевнились в тому, що для модернізації системи попередження зіткнення з землею, найбільш продуманим рішенням, як з точки зору безпеки так і з погляду складності його впровадження є використання далекомірного радіолокатора профільного польоту для забезпечення профільного польоту.

По суті далекомірний РЛПП ніщо інше як імпульсний далекомір то для реалізації на літаку буде розумним використати імпульсний радіовисотомір великих висот, який по своїй природі також є імпульсним далекоміром.

Таким чином, встановлення імпульсного радіовисотоміра великих висот на борту регіонального/магістрального літака вирішує ряд задач: постійне вимірювання дальності до можливої перешкоди в упередженій точці траєкторії, обчислення упередженої висоти H_y , тобто постійний контроль зміни рельєфу земної поверхні, а також видача інформації до СРППЗ, як наслідок, безпека польотів на малих висотах збільшується, процент небезпечних ситуацій зменшується.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Вплив авіаційного транспорту на атмосферу, навколишнє середовище та живі організми

Авіаційний транспорт з одного боку приносить користь людям а з іншого боку забруднює навколишнє середовище. Беручи до уваги специфіку даної категорію транспорту, зауважимо, саме шкідливі продукти, що вироблені повітряними суднами, найшвидше поширюються в атмосфері.

Таким чином питання захисту навколишнього середовища є актуальним на сьогоднішній день.

Шкідливі викиди і природні речовини в атмосфері піддаються складним процесам перетворення, взаємодії, вимивання і т.д. Ці процеси різні для зважених часток і газоподібних домішок. Час перебування зважених часток в атмосфері залежить від їх фізико-хімічних властивостей, метеорологічних параметрів і деяких інших факторів, в першу чергу від висоти викиду частинок в атмосферу і їх розмірів.

Невпинне зростання обсягів авіаперевезень призводить до забруднення довкілля продуктами, що утворюються при згоранні авіаційного палива. За статистикою один реактивний літак протягом року спалює 15 тонн палива і 625 тонн повітря, при цьому в атмосферу потрапляє 47 тонн діоксиду вуглецю, 18 тонн водяної пари, по 635 кілограм оксиду вуглецю та оксиду азоту, 15 кілограм оксидів сірки тощо. Такі викиди в середньому перебувають в атмосфері близько двох років.

Кафедра авіоніки				НАУ 20 03 75 000 ПЗ			
Виконав.	Грищенко В.С.			Охорона навколишнього середовища	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Павлова С. В.					87	110
Консульт.	Фролов В. Ф.				173 Авіоніка		
Н. Контр.	Левківський В. В.						
Зав. каф.	Павлова С. В.						

Очевидно, що найбільше забруднення локалізується в області аеропорту. Найбільш «брудними» етапами є зліт і посадка. В цей час при роботі двигунів в атмосферу виділяється найбільша кількість вуглецю і вуглеводневих сполук, а під час польоту – оксидів азоту.

Хоч для літака і не потрібні автодороги, як для автомобілів, проте злітно-посадкові смуги та аеропорти займають великі ділянки землі. Цей транспорт витрачає надзвичайну кількість кисню. Наприклад трансатлантичному лайнеру для перельоту через океан необхідно близько 50-100 тонн цього газу. Безпосередньо на території також є чинники забруднення. При роботі АД не на крейсерському режимі має місце неповне згоряння палива, що призводить до викиду шкідливих продуктів роботи двигуна.

Будь який аеропорт, навіть регіональний, може зашкодити здоров'ю людей. Вони знаходяться значно ближче до людських осель ніж великі «хаби». Найнебезпечніший фактор це концентрація ультра дисперсних частинок, що тонші за людську волосину, у повітрі які викликають хвороби дихальної системи, серця, судин тощо.[21]

Вміст в повітрі шкідливих елементів залежить і від атмосферних чинників особливо вітру. Також деяким чином впливають температура і вологість, а також незначний вплив має сонячна радіація.

При оцінці загального обсягу основних забрудників, що потрапляють в навколишнє середовище не враховуючи наземний спецтранспорт та іншу техніку, було виявлено, що на площі близько 4 км в атмосферу за добу викидається близько 1-1,5 т вуглецю, 300-500 кілограмів вуглеводневих сполук, а також 50 кг оксидів азоту. При поєднанні метеорологічних умов концентрація шкідливих речовин може збільшуватися до значних величин.

При експлуатації авіаційного транспорту, а саме виникнення аварійних ситуацій, для зменшення ваги перед посадкою зайве паливо зливається в атмосферу. За один раз об'єм може сягати від кількох тисяч до десятків тисяч літрів. В такий спосіб деяка частина палива умовно безпечно розсіюється в атмосфері шляхом випаровування, проте залишок може досягати земної

поверхні і водою при цьому може відбутися локальне забруднення. Частина палива, що не випарувалося досягає землі у вигляді крапель. Кількість такого «дощу» залежить від температури повітря та висоти на якій відбувся злив палива. При температурі навколишнього середовища близько 20 °C кількість палива може досягати декількох відсотків від початкового об'єму.

Ще одним небезпечним фактором є польоти в стратосфері. При виділенні оксидів азоту двигунами відбувається реакція окиснення озону.

Ще однією проблемою є організація відводу, утилізація та знезаражування поверхневих стоків (забруднені дощові, поливні або мийні води) зі штучних покриттів аеродромів. Обладнання призначене для очистки сильно забруднених стоків мають лише декілька великих аеропортів. В більшості випадків такі води відводяться в ґрунти навколо аеропорту. Так навколишня земля забруднюється солями важких металів і органічними сполуками в радіусі 2-2,5 км. Під час зниження температури в осінньо-зимовий період проводиться антиобморожуюча обробка ПС. Активні препарати для протиобледеніння мають в своєму складі сечовину, аміачну селітру також потрапляють в землю.

Аеропорти накопичують різноманітні тверді, а також рідкі відходи. Вони небезпечні в санітарно-гігієнічному та пожежному ключі. Їх зберігають в спеціально відведених приміщеннях, площа яких становить близько 3% від загальної площі земель, зайнятих в аеропорті відходами. На звалищах куди вивозять відходи менше 20% площ обладнанні для безпечного їх розміщення.

Електромагнітне забруднення навколишнього середовища

Нервова система людини досить чутлива до впливу електромагнітних хвиль. Нервові клітини мозку (нейрони) в ході втручання сторонніх полів погіршують свою провідність.

Така ситуація може викликати серйозні та незворотні наслідки як для людини так і для оточуючих. Найнебезпечніше в даній ситуації те, що такі зміни зачіпають вищу нервову діяльність. Так як вона відповідає за всі безумовні та умовні рефлекси то результат вкрай не позитивний. Окрім всього

іншого можуть бути проблеми з пам'яттю, погіршення злагодженості роботи мозку з іншими частинами тіла. Високий процент ризику несуть психічні розлади. Галюцинації та спроби самогубства є стандартним наслідком даної ситуації.

Хвильове випромінювання електромагнітного діапазону при певних умовах можуть призводити до вкрай шкідливого впливу на живі організми, як людини, так і інших живих створінь, ну і звичайно на електронні прилади. Будь-які види іонізуючих видів випромінювання дають різний вплив. З практичної точки зору можна означити наступні види магнітних полів (постійне, імпульсне), високочастотне і надвисокочастотне, випромінювання лазерів, магнітне та електричне випромінювання високовольтного обладнання тощо.

Так, як вплив радіохвильового випромінювання на організми, людину та навколишнє середовище вкрай негативний то зрозумілим кроком було введення певних нормативів спеціальними органами.

Такі правила називаються нормативами, що відображують допустимі рівні випромінювання. Установи, що вводять дані обмеження є державними інстанціями, в чий компетенції є контроль даних показників. Від країни до країни дані норми можуть дещо різнитися.

Вплив високих рівнів полів, що перевищують поріг 100 μT , мають встановлені наслідки з біологічної точки зору. Поля наднизьких частот наводять в організмі людини, варто згадати, що тіло людини це провідник, електричні поля і, звичайно, струми, що при високій потужності поля, стимулюють нервову та м'язову тканину і змінюють фактори збудженості нервових клітин в ЦНС.

Якщо говорити про довгострокові наслідки то точних даних не має в силу недостатньої кількості реальних даних, які могли б підтвердити конкретний зв'язок між хворобами такими, як лейкемія, та полів вкрай низької частоти. Однак говорити про явну користь також неправильно.

Було проведено низку дослідів, в ході яких вивчено вплив радіочастотних полів на активність мозкової тканини, когнітивні функції, сон, серцево-судинну систему, а також тиск у піддослідних людей. На даному етапі досліджень не передбачають будь-яких доказів шкідливого впливу на здоров'я від полів рівнями нижче тих, що спроможні викликати нагрів тканин.

Окрім вищезазначених фактів, дослідями не було доведено зв'язок між електромагнітними полями та електромагнітною чутливістю.

Акустичне забруднення

Авіаційний транспорт помітно відрізняється найбільш високим рівнем шумового впливу, що має особливу максимальну дію біля землі – на зльоті та посадці.

Вперше тему про негативний вплив авіації було порушено в Чикаго – 7 грудня 1944 року. В цей день було підписано «Конвенцію про міжнародну цивільну авіацію». Даний документ вводив деякі екологічні стандарти в міжнародну авіацію в цілому. Конвенція пройшла успішне випробування часом і сьогодні залишається надійною основою розвитку і узгодженого функціонування міжнародної цивільної авіації.[22]

Авіаційний шум – це найважливіший фактор негативного ставлення до авіації населення на територіях, які знаходяться поблизу з аеропортом. Під його вплив потрапляє порівняно велике число людей, що проживають в околицях, а також, пасажери та працівники аеропорту.

Авіаційний шум негативно впливає на здоров'я людей (найчастіше це стресові стани, погіршення слуху, проблеми, що пов'язані з концентрацією уваги). Політика ІКАО з проблеми авіаційного шуму передбачає розвиток заходів щодо пом'якшення акустичного забруднення: впровадження технологій скорочення шуму, наземне планування (наприклад, заборони на польоти в нічний час), жорсткість стандартів по шуму для існуючого парку літаків і розробку стандартів для нових моделей повітряних суден (ПС).

Акустичне (шумове) забруднення – це монотонний шум штучного походження, що порушує нормальну життєдіяльність не тільки людського

організму, а й інших живих істот. Дратівливі звуки існують і в природі, проте вважати їх забруднюючими неправильно, оскільки організми, в процесі еволюції, адаптувалися до них.

Джерелами шуму є, різного роду, двигуни, силові установки, автотранспорт, а також об'єкти наземного призначення. На деяких ділянках шум досягає високих значень: на пероні цей показник складає 100 дБ, в диспетчерських приміщеннях 90-95 дБ, а всередині аеровокзалу близько 75 дБ. Найбільш гучними є турбореактивні двигуни. Такий шум виникає внаслідок взаємної роботи деталей, що мають різні характеристики спектру, спрямованості, інтенсивності. Найбільш впливовими є вихідні струмені першого і другого контурів, вентилятор, компресор, турбіна, зовнішні агрегати, камера згоряння.

У турбогвинтових силових установок головним джерелом шуму є повітряний гвинт. Інтенсивність шуму, що створюється ним, залежить від таких факторів, як кутова швидкість обертання, потужність, що знімається з двигуна, числа лопатей тощо.

На борту літака встановлюється допоміжна силова установка. Це газотурбінний двигун меншого розміру, що застосовується в якості альтернативного джерела електроенергії та стиснутого повітря. Зі збільшенням розмірів літака ДСУ відповідно також має більші розміри чим і створює більше шуму. Внаслідок високої частоти обертання лопаток двигуна, шум носить високочастотний характер, гучністю 135 дБ.

Під час руху літака на надзвуковій швидкості виникає стрибок ущільнення (ударна хвиля) – область в якій тиск та щільність різко підвищуються.

Такий імпульс викликає неприємні відчуття у людей і тварин. Окрім того, він призводить до вібрацій конструкцій будівель, чим посилює негативну дію на живих істот, а також підвищує шумове та інфразвукове забруднення навколишнього середовища.

Інтенсивність залежить від маси і конструкції літака, а також швидкості і траєкторії руху. При збільшенні маси інтенсивність імпульсу зростає.

За криволінійної траєкторії польоту можливе виникнення декількох ударних хвиль в одній області на землі, що збільшує вплив в декілька разів.

На сьогоднішній день в прилеглих до аеропортів районах складається несприятлива ситуація. По-перше безліч джерел штучного шуму негативно впливають на середовище, по-друге кількість населення, що потерпає від цього постійно збільшується. Це пов'язано з тим, що межі аеропорту та житлової зони постійно звужуються, а кількість жителів в сусідніх населених пунктах росте.

Рівень гучності авіаційного шуму довкола аеропорту залежить від напрямку злітно-посадочних смуг, а також авіаційних трас, насиченості польотів впродовж доби, сезонності, типів літаків, що знаходяться на аеродромі і т. д. В найбільших аеропортах, що приймають важкі літка з потужними силовими установками, з підвищенням інтенсивності польотів значною мірою зростає і вплив шкідливого шуму.

Дані досліджень показують, що населені пункти які розташовані в радіусі 15 кілометрів від великих аеропортів, перебувають в несприятливих акустичних умовах. При цілодобовій інтенсивній експлуатації аеропортів середнє значення рівня гучності шуму коливається в межах 78-80 дБ, інколи максимальний рівень може досягати 92-108 дБ.

За певних умов, шум може мати значний вплив на здоров'я і поведінку особи. Також постійна дія цього чиннику може викликати роздратування, агресію, підвищення тиску, шум у вухах чи навіть втрату слуху. Постійна дія шуму на рівні 90 дБ викликає глухоту.

Коли рівень сягає 110 дБ, може наступати так зване звукове сп'яніння ситуація суб'єктивно схожа з наркотичним чи алкогольним. При шумі близько 145 дБ відбувається розрив барабанних перетинок.

Доведено, що жінки менш стійкі до сильного шуму за чоловіків. Також, сприйняття шуму залежить від віку, темпераменту, стану здоров'я, навколишніх умов тощо. Дискомфорт може викликати не тільки шумове забруднення, але й повна його відсутність. Крім того, деякі звуки певної сили

покращують працездатність, а також стимулюють процес мислення (особливо проведення підрахунків) і, навпаки, при повній відсутності звуків людина втрачає працездатність і може перейти в стресовий стан. Не дивно, але для людини найбільш оптимальними є природні шуми: шелестіння листя, дзюрчання води, пташиний спів. Штучні шуми будь-якої потужності не поліпшують самопочуття. Навпаки шум від транспорту може викликати головні болі.

Шумове забруднення навколо нас призводить до порушення природної гармонії в екосистемах і може викликати в тварин порушення орієнтування у просторі, спілкуванні, пошуку їжі тощо. Внаслідок цього деякі тварини намагаючись видавати гучніші звуки ще більше порушують природній баланс виступаючи в ролі вторинних звукових забруднювачів, сильніше розгойдують рівновагу в природі. Найвідоміші випадки шкоди нанесеної шумовим забрудненням є численні ситуації в яких дельфіни і кити викидалися на берег, втративши орієнтацію в просторі через гучні звуки.

Електромагнітне забруднення

Окрім впливу шуму, авіація викликає електромагнітне забруднення довкілля. Електромагнітне забруднення (електромагнітні поля штучного походження) – це сукупність електромагнітних полів, довільних частот, що мають негативний вплив на людину. Деякі вчені називають електромагнітний смог, котрий з'явився і сформувався в середині XX століття, одним з найпотужніших чинників, який негативно впливає на людину на сьогоднішній день. Це пояснюється практично цілодобовим його впливом і стрімким зростанням. Електромагнітне забруднення залежить в більшій мірі від потужності та частоти сигналу, що випромінюється. Його викликає радіолокаційне та радіонавігаційне обладнання аеропортів і літальних апаратів, котре необхідне для моніторингу польотів повітряних суден, а також за погодною ситуацією. Радіолокатори випромінюють в довкілля потоки електромагнітної енергії. Вони можуть генерувати електромагнітні поля великої напруги, котрі для людей становлять значну загрозу.[23]

В аеропортах електромагнітна ситуація визначається, зазвичай, випромінюванням потужних радіолокаційних станцій. В першу чергу до них відносяться наземні оглядові радіолокаційні станції, які працюють в діапазонах ультрависоких і надвисоких частот. Вплив електромагнітного поля на людський організм в області розміщення цих РЛС є періодичним та обумовлене періодом обертання діаграми направленості. Результати оцінки електромагнітної обстановки в області низки аеропортів країни показали, що в 60% випадків близько розташованих населених пунктів необхідно було застосовувати спеціальні заходи щодо захисту місцевого населення, які і були проведені.[24]

Переважно, більша частина досліджень виявляє високу чутливість мікроорганізмів навіть до дії слабких полів. Однак, на даний час, не існує інформації про наявність ефектів, реакцій і послідовуючих змін у зв'язку з параметрами діючих ЕМП. За даними дослідів, вплив електромагнітного випромінювання на живі мікроорганізми виявлялось в зниження активності і виживаючої здатності, як наслідок підвищення смертності.

В результаті великої кількості досліджень було вияснено, що хвилі електромагнітного походження мають суттєвий вплив на біологічні об'єкти, котрі проявляються в різних індукованих ефектах. Неважливо слабкі чи сильні ці ЕМП, вони однаково наносять досить виражений вплив на морфологічні, фізіологічні, біохімічні та біофізичні характеристики багатьох рослин. Мають високий ступінь впливу на зростання, розвиток і розмноження рослинних об'єктів. В зоні аеропортів у рослинних насадженнях розвиваються аномалії розвитку – зміна форми та розміру цвіту, листя, стебла чи навіть з'являються зайві пелюстки.[25]

У районах з високим рівнем ЕМП виникають зміни тварин, що в першу чергу пов'язані з порушенням роботи центральної нервової системи.

Дослідження результатів експерименту з вивчення впливу на тварин (самці щурів) електричного поля (50 Гц) напруженістю в рамках від 100 до 5000 В/м при цілодобовому впливі дозволив встановити, що в організмі

тварини спостерігаються зміни загального стану, порушення обміну речовин і процесів нейрогуморальної регуляції, окрім даного факту при тривалому постійному впливі ЕП (напруженістю 1-5 кВ/м) з'являються зміни генеративної функції піддослідних тварин та їх потомства.

4.2 Шляхи зменшення негативного впливу авіаційної галузі на довкілля та живі організми

Зрозумілим є той факт, що негативний вплив авіаційного транспорту на навколишнє середовище має місце в нашому житті. Проте виникає питання яким чином цей вплив можна зменшити?

Область покращення екологічної ефективності повітряних суден полягає, насамперед, в підвищенні їх ефективності. Вірним є твердження, що реактивні літаки останніх моделей є більш економними по відношенню до їх старших братів. Як наслідок кількість викидів CO₂ зменшилось.

Також компанії проводять дослідні проекти, на кшталт додавання електроприводу до носової стійки з метою підвищення ефективності використання палива при виконанні руління.[26]

Ще одним кроком до екологічної ефективності є використання цивільних ПС з підвищенням коефіцієнту завантаження (звести до мінімуму наявність пустих місць).

Ведуться роботи, щодо винайдення альтернативних видів палива. Деякі компанії вивчають технології застосування біопалива в реактивних літаках.

Іншими шляхами вирішення проблем, що виникають при дії авіаційного транспорту на довкілля: використання присадок до палива, впорскування води, збагачення суміші з області горіння, скорочення часу роботи двигунів на землі, зменшення робочих двигунів при рулінні, а також адміністративні заходи направлені на покращення екологічної ситуації.

Висновки до розділу

В результаті роботи над даним розділом можна зробити наступний умовивід. Розвиток цивільної авіації неможливо продовжувати без прийняття усесторонніх заходів по зниженню забруднення навколишнього середовища при авіатранспортних процесах і попередження, викликаних забрудненням, негативних екологічних наслідків.

До першочергових задач, також, відносяться зниження викидів шкідливих речовин авіадвигунами, а також зменшення рівня шуму.

Вирішення цих задач є особливо актуальним для цивільної авіації в Україні, стан екологічної культури не дозволяє повноцінно розвиватися авіації.

Важливим пунктом є зменшення забруднення довкілля в зонах аеропортів і його вплив на здоров'я пасажирів, екіпажів, персоналу аеропортів і населення сусідніх територій. Для вирішення екологічних проблем аеропортів необхідний розвиток систем моніторингу і контролю забруднення навколишнього середовища, обмеження забудови територій в районах аеропортів, а також впровадження технічних і експлуатаційних методів зменшення хімічного, електромагнітного і шумового забруднення середовища цивільною авіацією.

Прискіпливу увагу необхідно приділяти і проблемам глобальних екологічних і кліматичних наслідків підвищення забруднення високих шарів атмосфери у результаті впливу ЦА. Найбільш критичним з них є руйнування озонового шару Землі, що є природнім бар'єром на шляху сонячної радіації.

Вирішення поставлених питань можливо тільки на основі міжнародного співробітництва і узгоджених дій всіх держав світової спільноти.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Вступ

Робота над даним дипломним проектом проводилася в науково-технічному підрозділі (лабораторії) в щільній забудові поблизу житлових будинків та місць масових скупчень людей.

За таких обставин увага, що приділяється охороні праці є чи не найважливішим аспектом виробництва. Вона включає, як організаційно-технічні так і соціальні аспекти.

Охорона праці направлена на інформування працівників про небезпечні чинники, що можуть впливати на них в процесі роботи. Забезпечення комфортних, а головне, безпечних умов праці є основною метою даної дисципліни.

Під час роботи у виробничому середовищі людський організм вступає у взаємодію з різними складовими навколишнього середовища, це може бути як інструменти, знаряддя праці, так і інші люди.

Окрім даних факторів, на людський організм створюють вплив навколишні чинники такі як: температура, вологість і рух повітря, сторонні шуми, вібрації, шкідливі речовини, різного роду вібрації тощо.

В загальному вигляді дані аспекти характеризують умови, за яких проходить робоча обстановка людини.[27]

В залежності від робочих умов, вплив на здоров'я та працездатність людини може варіюватися, що в свою чергу впливає на результати роботи.

Очевидно, що при негативних умовах праці знижується продуктивність і вірогідність виникнення травм чи захворювань збільшується.

Кафедра авіоніки				НАУ 20 03 75 000 ПЗ			
Виконав.	Грищенко В.С.			Охорона навколишнього середовища	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Павлова С. В.					98	110
Консульт.	Козлітін О.О.				173 Авіоніка		
Н. Контр.	Левківський В. В.						
Зав. каф.	Павлова С. В.						

5.1. Вентиляція в робочих приміщеннях (лабораторії)

В даному ключі під словом вентиляція розуміють систему засобів, котрі за свої призначенням повинні забезпечувати на робочому місці робітника сталий мікроклімат з дотриманням комфортних умов, а також комфортних гігієнічних умов, що відповідають технічним вимогам.

Головними шкідливими чинниками, що впливають на здоров'я та самопочуття людини, в лабораторії, є речовини, що утворюються в процесі пайки. За своїм складом вони відносяться до категорії шкідливих забруднювачів, котрі здатні викликати порушення в роботі, як деяких систем так і всього організму в цілому.

Основним способом зменшення впливу даного фактору є застосування локальної вентиляції. В названій лабораторії вентиляція здійснюється природнім шляхом за рахунок перепаду зовнішньої та внутрішньої температури, а також вітру. Такий тип є найпростішим, створюється шляхом відкриття кватирок або вікон. Такий тип вентиляції в достатній мірі забезпечує концентрацію шкідливих речовин в межах допустимих норм.

5.2 Характер приміщення за ступенем небезпеки враження людини електричним струмом

Фактори, що впливають на ймовірність враження людини струмом:

- відсутність струмопровідної підлоги;
- відносна вологість повітря в приміщенні;
- температура;
- наявність одночасного доступу до заземлених та струмоведучих частин обладнання;
- присутність хімічно-активних речовин;

Згідно стандартів всі операції з приладами мають виконуватися відповідно до правил техніки безпеки при експлуатації електричних установок, що належать до категорії промислових об'єктів;

Згідно ГОСТ 12.1.009-76 для безпечної роботи з електрообладнанням необхідно всі корпуси приладів забезпечити кільцевим з'єднанням із заземленням.[28]

Заземлення корпусу повинне володіти опором не більше 4 Ом. Всі струмоведучі провідники піддаються ретельній ізоляції, для уникнення контакту людини з ними.

Для уникнення враження людей електричним струмом всі прилади, що застосовуються в процесі роботи, повинні бути заземлені. Вимоги до заземлення встановлюються відповідно до ГОСТ 12.1.030-81.

Захисне заземлення слід виконувати спеціальним електричним заземленням металевих складових електрообладнання із «землею».

У випадку виникнення небезпечної ситуації або нещасного випадку необхідно відключити лабораторію від постачання електроенергії, вимкнувши вимикач силового розподільчого щитка.

Під час роботи в лабораторії потрібно знати, що ремонт приладів і установок мають право проводити тільки особи, що мають кваліфікаційну групу і допуск роботи за таких умов.

Використання електроустановок повинен здійснювати підготовлений електротехнічний персонал.

Виробничому кваліфікованому персоналу, що проводить роботи, за яких може виникнути небезпека враження електричним струмом, присвоюється І група електробезпеки.

Інструктаж не ознайомленого персоналу проводить уповноважена особа кваліфікацією з електробезпеки не нижче III рівня.

Результати проведеної перевірки заносяться в спеціальний журнал згідно встановленої форми.

Навчання і проведення перевірок знань осіб, котрі обслуговують електричні установки, проходить згідно розділу "Підготовка персоналу" ПТЭ і ПТБ при експлуатації електроустановок споживачів.

Працівники з персоналу з електротехніки, що не досягли 18-річного віку, до робіт на електричних установках не допускаються.

Стан здоров'я електротехнічного персоналу, котрий обслуговує діючі електрозасоби, визначається медоглядом під час прийому на роботу, а далі в ході періодичних перевірок в терміни, котрі встановлені органами охорони здоров'я.[29]

Персонал перед призначенням на самостійну роботу або при переході на іншу роботу (посада), пов'язану з експлуатацією електроустановок, а також при перерві в роботі понад одного року повинен пройти навчання на робочому місці. Для цього на робочому місці працівнику повинен бути надається термін, що достатній для ознайомлення з обладнанням, апаратурою, оперативними схемами і одночасного вивчення в необхідному для даної посади об'ємі:

- "Правила техніки безпеки при експлуатації електрообладнання";
- "Правила використання електричної енергії";
- "Правил побудови електроустановок";
- інструкцій з охорон праці;
- інших правил, нормативних і експлуатаційних документів, що діють на даному підприємстві.

По завершенню навчання робітник має пройти контроль знань. В ході даної перевірки йому необхідно присвоїти відповідну група по електробезпеці. Під час перевірки знань кожен працівник з персоналу повинен пройти стажування безпосередньо на робочому місці тривалістю не менше двох тижнів під керівництвом більш досвідченого працівника, потім він може бути допущений до самостійної роботи. Допуск до стажування і самостійної роботи оформлюється для ІТР розпорядженням по підприємству, для робочих - розпорядженням по цеху.

Перевірка знань правил, посадових і виробничих інструкцій має проводитися:

- перед допуском до самостійної роботи – це первинна;
- чергова;

- при порушенні правил і інструкцій, на вимогу відповідального за електрогосподарство або органів державного енергетичного нагляду – позачергова;

Чергова перевірка проводиться в наступні терміни:

- для електротехнічного персоналу, що безпосередньо обслуговує діючі електроустановки або що виконує в них роботи по налагодженню, електромонтажному ремонту або профілактичні випробування, а також для персоналу, що оформлює розпорядження і організовує ці роботи - один раз в рік.

Персонал, котрий успішно пройшов перевірку знань видається посвідчення стандартного зразка.

На підприємстві необхідно проводити систематичну роботу з електротехнічним персоналом, що направлена на підвищення його кваліфікації, рівня знань правил і посадових інструкцій по ОП, отримання нового досвіду і безпечних прийомів з обслуговування електроустановок, а також запобігання аварійних ситуацій і травматизму.

Для захисту робочого місця інженера-проектувальника приймаються наступні міри:

- 1) розробка інструкцій по ТБ;
- 2) використання заземлення;
- 3) застосування додаткового освітлення (настільна лампа 150 Вт на відстані 50 см) при монтажних роботах.

Вимоги, що пред'являються для заземлення і занулення.

Під час проведення робіт інженеру доводиться брати в роботу електро- і радіовимірювальні приладами, котрі живляться від напруги мережі 220 В з частотою 50 Гц і відносяться до першої групи(з напругою до 1000 В). Для уникнення враження того, хто працює з електричним струмом, має бути забезпечена недоступність струмоведучих частин, виконана гальванічна розв'язка мережі за допомогою трансформаторів. За можливості застосовувати інструмент, котрий розрахований на малу робочу напругу, застосовувати подовжувачі шнурів живлення приладів з подвійною ізоляцією. Для уникнення небезпеки враження

людей змінним струмом при контакті струмоведучих частин з корпусом приладів, останні повинні бути заземлені. Для першої групи приладів в мережах з глухо заземленим нейтральним дротом опір занулення не повинен перевищувати 4 Ом ГОСТ 12.1.038-82(Електробезпека, захисне заземлення, занулення).

Заземлення і занулення електрообладнання слід здійснювати згідно до вимог ПУЕ2007. Металеві частини, які можуть в наслідок пошкодження ізоляції опинитися під напругою, повинні мати заземлені затискачі, відповідно ГОСТ 21.1.30-75. Біля заземлених затискачів розміщують знаки заземлення. Навколо болта повинен бути контактний майданчик для приєднання заземленого дроту, котрий має захист від корозії і не має поверхневого забарвлення. Діаметр болта і контактного майданчика обирають згідно значень робочих струмів. Органи управління спеціального технологічного устаткування повинні відповідати вимогам ГОСТ 21.7.53, 22.2.69-76, 12.4.040-78.

5.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека - це основний розділ техніки безпеки, оскільки недотримання правил, встановлених в ГОСТ 12.1.004-85 може призвести до дуже тяжких наслідків, що завдають матеріальних збитків державі і здоров'ю людей. (ГОСТ 12.1.004-85 Пожежна безпека).

Причинами виникнення пожеж, неелектричного характеру є:

- непрацездатність систем вентиляції;
- самозймання;
- несправність обладнання і порушення техпроцесів.

Причинами виникнення пожеж електричного характеру є:

- коротке замикання від перевантаження мережі;
- критичні перехідні опори;
- іскріння;
- електрична дуга в контактах;
- статична електрика.

До пожежонебезпечних матеріалів, застосовуваних в процесі радіомонтажних операцій необхідно віднести спирто-каніфольний флюс, який у зв'язку із вмістом спирту належить до легкозаймистих рідин.

Отже, ділянки радіомонтажу відносяться до пожежонебезпечних.

Для таких ділянок існують наступні вимоги:

- для уникнення пожежі паяльники повинні комплектуватися спеціальними жаростійкими діелектричними підставками;
- легкозаймисті рідини необхідно зберігати в ємностях з герметичними кришками і відкривають їх необхідно лише у момент використання легкозаймистих рідин.

З метою забезпечення пожежної безпеки, паління в приміщеннях лабораторії категорично заборонене і можливе тільки в спеціально відведених місцях.

У приміщенні лабораторії повинні бути встановлені вогнегасники типу ОУ-2, ОУ-7.

5.4 Заходи безпеки при проведенні робіт

До робіт допускаються особи, що досягли повноліття, а також пройшли інструкцію техніки безпеки при роботі з електрообладнанням, інструкцію з техніки безпеки на робочому місці в лабораторії із записом в спеціальний журнал. Особи, що приступили до роботи з електрообладнанням, мають бути заздалегіть ознайомлені з інструкціями з експлуатації кожного приладу, вміти на практиці надати першу допомогу потерпілому від удару електричним струмом, знати порядок сповіщення при порушенні техніки безпеки або отриманні травм.

Всі розетки в приміщенні повинні вимикатися за допомогою одного рубильника.

Перед початком роботи необхідно:

- 1) виконати зовнішній огляд приладів, при цьому переконатися, що всі струмопровідні частини закриті і недоступні для випадкового контакту;
- 2) переконатися в наявності заземлення, в справності вентиляції, робочого інструменту;

3) про несправності доповісти відповідальному за лабораторію і лише після його дозволу повертатися до роботи;

4) при увімкненні рубильника весь робочий персонал має бути попереджений.

Після закінчення роботи:

1) обладнання необхідно вимкнути, при цьому дотримуючись певного, викладеного в інструкції з експлуатацій даного приладу;

2) виконати прибирання робочого місця, поверхні столу, інструменти вимити мильним розчином;

3) йдучи з роботи останнім, обов'язково відключити головний рубильник та освітлення.

Освітлення робочого місця

Для роботи середньої складності точність, до якої відноситься монтаж виробу, з найменшими розмірами 0,5 мм і середнім фоном, найменший допустимий рівень освітленості робочих поверхонь у виробничих приміщеннях для системи змішаного освітлення 300 лк, для систем загального освітлення 150 лк. (СНІП П4-79 Природне і штучне освітлення).

Для проведення монтажних робіт допустимою є система змішаного освітлення. При збиранні системи змішаного освітлення витримується певне співвідношення між освітленістю робочої поверхні, що створюється одночасно світильниками місцевого і загального освітлення. Це співвідношення витримане в межах 10/12 - 10/5 (СНІП П4-79 Природне і штучне освітлення) для більш рівномірного розподілу яскравості в полі зору, при цьому працівник менше стомлюється.[30]

Місце встановлення засобів місцевого освітлення обирається у кожному випадку персонально, базуючись на вивченні характеру роботи на освітленому робочому місці і можливих варіантах освітлення безпосередньо у виробничих умовах.

Дія електромагнітного поля СВЧ на організм людини

Біофізичний вплив електромагнітного поля НВЧ на організм поділяється на теплову дію радіохвиль НВЧ (енергетична взаємодія), яка простежується при щільності потоку потужності понад 10 мВт/см^2 і специфічну дію радіохвиль НВЧ.

До специфічних ефектів впливу радіохвиль можна віднести ракурс освітлення. З біологічних дослідів зрозуміло, що зміна розташування тіла по відношенню до векторів направленості поля може призвести до різкої зміни ефективності дії радіохвиль. Найбільш шкідливим вважається опромінення по осі грудей-спини.

Чутливість органів різко збільшується, коли в них є металеві вставки, сумісні з довжиною хвилі. Дослідження дозволили виявити у осіб, що піддавалися хронічній НВЧ-дії, деякі зміни в нервовій і серцево-судинній системі, ендокринних залозах, крові і лімфі, однак у більшості випадків ці зміни мають обернений характер. Також були зафіксовані випадки помутніння кришталика ока і зниження нюхової чутливості людини.[31]

При роботі з НВЧ-приладами варто знати і дотримуватись певних правил (ГОСТ 12.1.006-84 Електромагнітні поля радіочастот. Загальні вимоги безпеки):

1. Роботу з радіочастотами, які утворюють щільність потоку випромінювання понад 100 мкВт/см^2 виконувати лише в спеціальних приміщеннях (камерах, відсіках, кабінах і т.д.).
2. Випробування установок, в яких розповсюджуються електромагнітні хвилі зі щільністю потоку понад 10 мкВт/см^2 проводити з використанням захисних окулярів.
3. Всі складові установок необхідно ретельно з'єднати.
4. При зміні умов праці, при переході до налагодження установки іншого рівня потужності, або іншої конструкції та при зміні умов випромінювання до роботи необхідно приступати після перевірки інтенсивності опромінювання тих, хто працюють в безпосередній близьості.
5. Роботи, що пов'язані з випромінюванням, проводити при мінімально можливому рівні потужності.

6. Вимірювання потужності, що генерується, та інших високочастотних параметрів, виконувати за допомогою спеціальних засобів, що виключають можливість виникнення понаднормового випромінювання.

7. Відкритий кінець хвилеводу під час роботи оглядати лише при вимкненому джерелі НВЧ випромінювання.

8. Під час налаштування і випробування НВЧ пристроїв не дозволяється:

- направляти потік енергії за межі обмеженої зони (сектора);
- визначати потужності, що генерується, за тепловим ефектом, рукою або іншою частиною тіла. Для цього необхідно застосовувати індикатори поля;
- проводити демонтаж або виправлення високочастотного тракту або антенних пристроїв;
- порушувати цілісність екрану НВЧ установок та знімати захисні пристрої.

Висновки

За останні 100 років прогрес в авіаційній галузі сягнув неймовірних висот. Наука і техніка рухаються семимильними кроками до етапу повної довершеності.

Через століття невинної роботи – сучасний літак це набір технологій, композитів, передових ідей, що поєднані у вузькому середовищі.

Але не важливо як швидко йде технічний прогрес вперед, завжди знаходяться порожні чарунки в інженерії які кожен може спробувати заповнити: винаходами, патентами, пропозиціями.

Під час роботи над даним дипломним проектом першим і найголовнішим аспектом було визначення актуальної проблеми в авіації.

Як було сказано раніше проблемою всіх літальних апаратів є наявність землі. Якщо бути точним то несподіване зіткнення з нею. Нажаль така ситуація і в наш час має місце. Назва такої категорії катастроф CFIT. Даний термін був запропонований західними інженерами минулого століття. В перекладі означає – зіткнення із землею в контрольованому польоті.

Наш спосіб модернізації системи простий, але в той час досить дієвий. Основна ідея полягає в тому, щоб розширити можливості стандартної системи попередження зіткнення з землею шляхом встановлення імпульсного радіовисотоміру великих висот в якості радіолокатора профільного польоту.

Таким чином з'являється можливість безпечного маневрування в гірській місцевості на малих висотах, огинання рельєфу з дотриманням безпечної висоти, часткове розвантаження пілота, що в свою чергу також підвищує безпеку польоту.

Отже, встановлення імпульсного радіовисотоміра великих висот на борту регіонального/магістрального літака вирішує ряд задач: постійне вимірювання дальності до можливої перешкоди в упередженій точці траєкторії, обчислення упередженої висоти H_y , тобто постійний контроль зміни рельєфу земної поверхні, а також видача інформації до СРППЗ, як наслідок, безпека польотів на малих висотах збільшується, процент небезпечних ситуацій зменшується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Муромов А. И. «100 великих авиакатастроф» / гл. ред. С. Дмитриев. — М.: Вече, 2003. — 528 с.
2. А. Петров. Опасность малой высоты или Столкновение с землёй в контролируемом полете (CFIT) — предотвращение риска / Воздушный транспорт : газета. — 10 января 2000.
3. Международная организация гражданской авиации (ICAO), Doc 4444, ATM/501 "Правила аэронавигационного оборудования", утверждены от 02.07.2007 г.
4. <https://studfiles.net/preview/7405972/page1>
5. <https://helpiks.org/6-38710.html>
6. ГП АНТК им. О.К. Антонова, РЛЭ Ан-148-100, Глава 8.19.17 «Система раннего предупреждения приближения земли СРППЗ-2000», 2004. — 18 с.
7. Руководство по технической эксплуатации Ил-76т, «СИСТЕМЫ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРИБЛИЖЕНИЯ К ЗЕМЛЕ ТТА-12, ТТА-12S», 2011. — 152 с.
8. Ф.Л. Цифанский Радиоэлектронное оборудование самолетов. Часть II. Учебное пособие Васильковское ВАТУ. 1980. - 156 с.
9. П.И. Дудник, Ю.И. Чересов. Авиационные радиолокационные устройства, — М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986 г., 538 стр.
10. О.В. Буянін, Ю.В. Мещерський, І.С. Река. Авіаційні радіоелектронні системи. Васильківський коледж ВПС. 2001. — 334 с.
11. Монаков А. А. Теоретические основы радионавигации: Учеб. пособие/СПбГУАП. 2002. 70 с.
12. Г.А. Бабай, А.Г. Павский Радиотехнические средства самолетовождения. — М.: Военное издательство МО СССР. 1956. - 280 с.
13. Системи зв'язку та навігації: навч. посіб. / В.П. Харченко, Ю. М. Барабанов, М. А. Міхалочкін. — К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. — 216 с.

14. М.С. Ярлыков, В.А. Болдин, А.С. Богачев. Авиационные радионавигационные устройства и системы. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 1980. - 384 с.
15. Авиационное вооружение и авионика. Энциклопедия XXI век. Оружие и технологии России. - М.: Научно-техническое издание. 1999. – 784 с.
16. П.А.Бакулев Радиолокационные системы – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с.
17. Вопросы перспективной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. А.В. Соколова. – М.: Радиотехника, 2003. – 512 с.
18. Соболев Д.А. История самолетов мира. – М.: «Русское авиационное общество» (РУСАВИА), 2001. – 680 с.,
19. Курбатов Б.Е. Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций. – М.: 2009. – 122 с. с приложениями и ил.
20. Колганов И.М., Дубровский П.В., Архипов А.Н. « Технологичность авиационных конструкций. Пути повышения. Часть 1: Учебное пособие» - Ульяновск: УлГТУ, 2003. 148 с., ил.
21. Физика. Большой энциклопедический словарь/Гл. ред. А. М. Прохоров. — 4-е изд. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. — С. 874—876. ISBN 5-85270-306-0 (БРЭ)
22. Аксенов И.Я., Аксенов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. – М.: Транспорт, 1986.
23. Кудряшов Ю. Б., Перов Ю. Ф. Рубин А. Б. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. Учебник для ВУЗов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 184 с — ISBN 978-5-9221-0848-5
24. В.М. Пестриков. Енциклопедія радіоаматора.
25. Иванов В.И., Андреев В.Л. Охрана окружающей среды / Учебное пособие. – Л.: АГА, 1991.
26. <http://ua.nauchebe.net/2012/08/zaruchniki-radioxvil-vpliv-radioxvil-na-organizm-lyudini/>

27. Закон України „Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності” від 23.09.1999 р.

28. Положення про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві: Затв. Кабінетом Міністрів України 25.08.2004 р.

29. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці — Х.: Форт, 2003. — 192 с.

30. Денисенко Г.Ф. Охрана труда: Учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов. — М.: Высш. шк., 1985. — 319 с.

31. Гандзюк М.П. та ін. Основи охорони праці : Підручник для студ. вищих навч. закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський; За ред. М.П. Гандзюка . — 4-тє вид., перероб. та доп. — К.: Каравела, 2008 . — 384с.