

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АВІОНІКИ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____Юрій ГРИЦЕНКО
«___» _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 173 «АВІОНІКА»**

Тема: «Засоби контролю критичних режимів польоту сучасних цивільних літаків»

Виконавець: _____
Бучацький Владислав Олегович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: _____
Сергій Гаврілович Єгоров
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер: _____
(підпис) Василь ЛЕВКИВСЬКИЙ
(П.І.Б.)

Київ 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації електроніки та телекомунікацій

Кафедра авіоніки

Напрямок (спеціальність) 173 «Авіоніка»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Юрій.ГРИЩЕНКО

«__» _____ 2024р

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проекту)

Бучацький Владислав Олегович

1. Тема роботи: **«Засоби контролю критичних режимів польоту сучасних цивільних літаків»** наказом ректора від « 10 » 05 2024 р. № 355/ст.
2. Термін виконання роботи: з 13 травня 2024 по 16 червня 2024.
3. Вихідні дані роботи: Данні про критичні режими літака, а особливо про Систему попередження критичних режимів (СПКР -85)
4. Зміст пояснювальної записки: Огляд систем контролю польоту цивільних літаків, Технології контролю критичних режимів польоту, Аналіз ефективності засобів контролю
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми, графіки.

6. Календарний план-графік

| № пор. | Завдання | Термін виконання | Відмітка про виконання |
|--------|-------------------------------------|------------------|------------------------|
| 1. | Обґрунтування теми дипломної роботи | 13.05-14.05 | |
| 2. | Проведення огляду літератури | 15.05-21.05 | |
| 3. | Підготовка та написання 1 розділу | 22.05-27.05 | |
| 4. | Підготовка та написання 2 розділу | 28.05-03.06 | |
| 5. | Підготовка та написання 3 розділу | 04.06-06.06 | |

| | | | |
|----|---|-------------|--|
| 6. | Перевірка на анти плагіат та отримання рецензії на диплом | 07.06-09.06 | |
| 7. | Оформлення та друк пояснювальної записки | 10.06-11.06 | |
| 8. | Підготовка презентації та доповіді | 12.06-16.06 | |

7. Дата видачі завдання: 10.05.2024

Керівник дипломної роботи Сергій ЄГОРОВ .

(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання Владислав БУЧАЦЬКИЙ.

(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної : «Засоби контролю критичних режимів польоту сучасних цивільних літаків» 40 сторінок, 11 рис., - табл., 10 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: технології та системи які використовуються для контролю критичних режимів сучасних цивільних літаків

Предмет дослідження Методи та принципи контролю при критичних ситуаціях сучасних цивільних літаків

Мета роботи: дослідити та проаналізувати принципи роботи систем контролю критичних режимів польоту надати оцінку виявлених проблем і та з'ясувати безпеку польотів

Методи дослідження: використання елементів теорії статистики, порівняльний аналіз, обробка літературних джерел.

КРИТИЧНИЙ РЕЖИМ, ПОЛІТ, ЛІТАК, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ,ІНТЕРФЕЙС,ЗВАЛЮВАННЯ КУТ КРЕНУ, , КУТ АТАКИ , СИГНАЛІЗАЦІЯ, ВТРАТА ВИСОТИ,ШТОПОР

ЗМІСТ

| | стор. |
|--|-------|
| ВСТУП..... | 7 |
| РОЗДІЛ 1. Технічні засоби забезпечення безпеки польотів (ЗЗБП) | 8 |
| 1.1. Загальна характеристика технічних ЗЗБП | 8 |
| 1.2. Призначення та класифікація технічних ЗЗБП..... | 8 |
| 1.3. Характеристики критичних режимів польоту | 11 |
| 1.4. Бортові ЗЗБП | 14 |
| РОЗДІЛ 2. Засоби контролю критичних режимів польоту | 16 |
| 2.1. Автомат кутів атаки та сигналізації перевантажень | 16 |
| 2.2. Система попередження критичних режимів | 17 |
| 2.3. Система сигналізації небезпечної швидкості наближення землі | 21 |
| 2.4. Засоби попередження про можливість зіткнення у повітрі | 23 |
| 2.5. Засоби попередження про небезпечну метеорологічну обстановку | 25 |
| 2.6. Автоматичні системи попередження та корекції | 26 |
| РОЗДІЛ 3. Аналіз ефективності засобів контролю | 27 |
| 3.1. Застосування інтегрованих комплексних систем управління для підтримки безпеки польоту | 28 |
| 3.2. Методики аналізу даних з датчиків критичних режимів польоту | 29 |
| 3.3. Загальна характеристика ЗОК..... | 29 |
| 3.4. Призначення та класифікація ЗОК..... | 30 |
| 3.5. Випадки з авіаційної практики та розслідування інцидентів | 32 |
| 3.6. Рекомендації щодо покращення систем контролю польоту | 36 |
| ВИСНОВОК..... | 38 |
| Перелік використаної літератури..... | 40 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ЗЗБП – засоби забезпечення безпеки польотів

ПС-Повітряне судно

ЗС-звукова сигналізація

СС-світова сигналізація

СОКА- система обмеження кута атаки

СОС- система обмежувальних сигналів

СПКР- Система попередження критичних режимів

ТАWS - Система запобігання зіткненням і попередження про зіткнення із землею

TCAS- Система автоматичного управління колізіями та попередження від зіткнень

GPWS- Система попередження про низьку висоту

FLCS-Система автоматичного керування польотом

AFCS- Автоматична система керування польотом

AHRS- Система автономної орієнтації та керування

ЗОК- Засіб об'єктивного контролю

БСЗП- бортові системи збору польотної інформації

ЕОМ- електронно-обчислювальні машини

Вступ

В авіаційній транспортній системі найважливіше місце посідає система забезпечення безпеки польотів, ефективність якої є ключовою умовою її успішного функціонування. На міжнародному рівні систему безпеки польотів розглядають як підсистему авіаційної транспортної системи, що відповідає за запобігання авіаційним подіям. Керуюча роль цієї системи охоплює весь процес підготовки, забезпечення та виконання польотів, а також удосконалення авіаційної техніки.

Технічні засоби забезпечення безпеки польотів відіграють значущу роль у цій системі. Вони призначені для усунення особливих ситуацій, викликаних помилками авіаційного персоналу, відмовами авіаційної техніки та несприятливими зовнішніми умовами. Основні функції таких засобів включають контроль роботи систем повітряного судна, сигналізацію екіпажу про їхні відмови, вимкнення несправних систем і під'єднання аварійних або резервних, а також інформування екіпажу про критичні режими польоту та підтримка ухвалення рішень в особливих ситуаціях.

Особливе місце серед технічних засобів посідають системи об'єктивного контролю параметрів польоту і працездатності авіаційної техніки. Вони накопичують і зберігають інформацію про польоти, стан систем і агрегатів повітряного судна, дії екіпажу та інші параметри, що дає змогу проводити детальний аналіз і підвищувати рівень безпеки польотів.

Сучасні системи інформаційного забезпечення безпеки польотів, що включають автоматизовані системи збору та обробки даних, функціонують у більшості розвинених країн. Ці системи збирають і аналізують дані про авіаційні події та інциденти, допомагаючи розробити заходи щодо запобігання таким подіям.

Системи попередження критичних ситуацій є ключовими елементами забезпечення безпеки в авіації. Вони інформують екіпаж про можливі загрози, як-от критичні режими польоту, небезпечне зближення із землею або іншими повітряними суднами, і автоматично передають інформацію наземним службам. Ці системи мають бути максимально інформативними, щоб допомогти пілотам ухвалювати правильні рішення в критичних ситуаціях, тим самим запобігаючи авіаційним подіям і катастрофам.

РОЗДІЛ 1. Технічні засоби забезпечення безпеки польотів (ТЗЗБП)

1.1. Загальна характеристика технічних ЗЗБП

Технічні засоби забезпечення безпеки польотів (ЗЗБП) є технічними системами або окремими пристроями, призначеними для усунення особливих ситуацій, що можуть виникнути через відмови авіаційної техніки, помилки

авіаційного персоналу або несприятливі зовнішні умови. Ці засоби можуть діяти спільно з екіпажем або автономно.

Основні функції З включають:

- Контроль роботи функціональних систем повітряного судна (ПС) і сигналізацію екіпажу про виявлені відмови.
- Відключення системи, що відмовила, і підключення аварійної або резервної системи.
- Інформування екіпажу про наближення до критичних режимів польоту і надання рекомендацій щодо алгоритму дій.
- ТЗЗБП працюють за заданими алгоритмами, запобігаючи загрозам авіаційних подій.

Основні вимоги до ТЗЗБП:

- Висока надійність протягом усього періоду експлуатації. Надійність ЗЗБП має бути щонайменше на порядок вищою за надійність основних систем і елементів конструкції ПС.
- Висока точність і швидкодія, яких можна досягти завдяки збільшенню роздільної здатності пристроїв, що сприймають ЗЗБП, і зменшенню інерційності їхніх виконавчих пристроїв.
- Висока стійкість до перешкод для запобігання помилкових спрацьовувань.
- Габарити, маса і вартість ЗЗБП мають бути економічно доцільними для встановлення на борту ПС або на землі.

1.2. Призначення та класифікація технічних ЗЗБП.

Технічні засоби забезпечення безпеки польотів (ЗЗБП) класифікуються за такими основними ознаками:

- за призначенням;
- за місцем встановлення;
- за ступенем участі екіпажу в усуненні особливих ситуацій.

За призначенням ЗЗБП поділяються на:

- а) засоби контролю та сигналізації;
- б) засоби скорочення часу втручання екіпажу в управління ПС;
- в) засоби обмеження діючих сил і моментів, що впливають на льотно-технічні характеристики;
- г) комплексні ЗЗБП, що виконують кілька функцій, об'єднаних однією метою.

Засоби контролю і сигналізації включають системи і пристрої для моніторингу допустимих значень параметрів руху і сигналізації відмов функціональних систем ПС з використанням звукових, світлових, тактильних і мовних сигналів.

Засоби скорочення часу втручання екіпажу в управління ПС включають:

- системи увімкнення виконавчих пристроїв автоматичного керування, що дають змогу автоматичним системам керувати ПС;
- кермові приводи з малими зусиллями на штоку, які пілот може пересилити в разі відмов систем автоматичного керування без їх відключення;
- пристрої вимкнення систем автоматичного керування, що дають змогу пілоту швидко взяти керування на себе в разі відмови системи.

Засоби обмеження діючих сил і моментів, що впливають на льотно-технічні характеристики ПС, включають:

- обмежувачі параметрів руху ПС, що відхиляють рулі;
- обмежувачі діапазону відхилення рулів у разі відмови автопілота;
- обмежувачі керуючих сигналів (у разі перевищення порогового значення система автоматичного керування відключається).

Комплексні ЗЗБП складаються з окремих перерахованих засобів, об'єднаних для виконання одного завдання (наприклад, система протикригового обморожування, протипожежна, системи запобігання небезпечному зближенню ПС між собою і з землею тощо).

За місцем установлення ЗЗБП поділяють на бортові та наземні.

Бортові ЗЗБП призначені для усунення на борту ПС небезпек, з метою запобігання особливих ситуацій у польоті. До них належать:

- пристрої попередження виходу ПС на граничні експлуатаційні обмеження;
- системи забезпечення необхідних характеристик стійкості та керованості;
- системи витримування необхідного центрування на всіх етапах і режимах польоту;
- системи парирування відмов функціональних систем ПС.

Наземні ЗЗБП включають засоби керування повітряним рухом, такі як радіолокатори, радіо- і світлотехнічні пристрої, тренажери, аварійно-рятувальні засоби та інші види наземного обладнання.

Залежно від ступеня участі екіпажу в усуненні особливих ситуацій розрізняють активні та пасивні ЗЗБП. Активні системи впливають на

функціональні системи ПС і самі ліквідують наслідки відмови. Пасивні ЗЗБП лише сигналізують екіпажу про відмову або вихід ПС на небезпечний режим, залишаючи усунення ситуації на екіпаж.

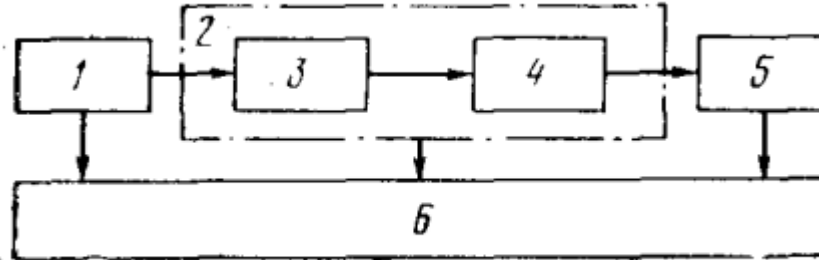


Рис.1.1-структурна схема ЗЗБП

Робота ЗЗБП полягає в такому (рис. 1.1): сигнали з датчиків 1 надходять до обчислювача 2, де вони обробляються (блок 3) з метою формування керуючого сигналу (блок 4), який подається на виконавчий пристрій 5. Виконавчий пристрій усуває особливу ситуацію (активні ЗЗБП) або видає сигнал екіпажу (пасивні ЗЗБП). Пристрій самоконтролю 6 перевіряє працездатність окремих технічних пристроїв, що входять до ЗЗБП.

У ЗЗБП застосовують такі основні методи контролю стану функціональних систем ПС або їхніх елементів:

- порогові;
- порівняння;
- пробних сигналів.

За порогового методу ЗЗБП видає командний сигнал у разі досягнення визначальним параметром граничного значення. Метод порівняння використовують за наявності декількох джерел інформації для контролю функціональної системи (елемента) у поєднанні з пороговим методом. Цей метод

забезпечує вищу достовірність розпізнавання відмови, незважаючи на складність технічної реалізації. Метод пробних сигналів заснований на реакції контрольованої системи на пробний сигнал, що виробляється спеціальним пристроєм у ЗЗБП. Пробний сигнал може подаватися безперервно або дискретно, з оцінкою стану системи за відповідною та еталонною реакцією.

1.3 Характеристики критичних режимів польоту

Критичні режими польоту – це такі режими, які значно перевищують максимальні допустимі межі польоту. Вони характеризуються:

Частковою або повною втратою керованості хоча б по одному з каналів управління;

Великою кутовою швидкістю обертання або рухом по осях;

Швидкоплинністю;

Загрозою життю екіпажу.

Для виходу з критичних режимів не завжди потрібні прямі дії на елементи керування

До критичних режимів відноситься :

- Звалювання
- Штопор
- Флаттер
- Політ на великих кутах атаки

Звалювання

Звалювання - це небезпечна ситуація в авіації, коли внаслідок порушення нормального обтікання крила повітряним потоком втрачається підйомна сила, що може призвести до стрибкоподібного спадання літака. Під час звалювання літак мимовільно змінює своє положення і кути атаки, що може призвести до подальшого розвитку аварійних ситуацій, включаючи штопор.

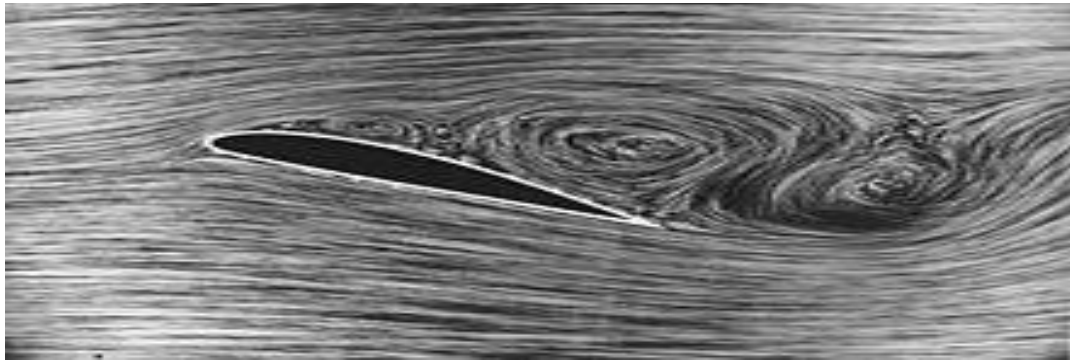


Рис.1.2-Зрив повітряного потоку на профілі крила за великого кута атаки, під час звалювання

Види звалювання:

Звалювання на ніс- Цей тип звалювання властивий літакам з прямокутним крилом або крилом невеликого зуження. Виникає при зриві потоку на кореневій і середній частині крила, що призводить до мимовільного опускання носа літака, набору швидкості, а потім повторного збільшення кута атаки і повторного звалювання.

Звалювання на крило- Цей тип звалювання характерний для літаків з прямим крилом значного зуження. Виникає при зриві потоку на кінцевій частині крила, що спочатку викликає крен літака, після чого він опускає ніс і звалюється.

Звалювання з інтенсивним кабруванням При цьому типі звалювання літак різко збільшує кут атаки і кут тангажу, навіть коли важіль управління відхилений вперед. Зазвичай це викликано зривом потоку на кінцевій частині стрілоподібного або трикутного крила.

Глибоке звалювання Цей вид звалювання характерний для літаків з T-подібним оперенням і крилом помірної стріловидності. Він виникає, коли літак мимоволі піднімає ніс, парашутуючи на великих кутах атаки з високою швидкістю зниження, без значних кренячих моментів. Недостатня ефективність поздовжнього керування пояснюється тим, що горизонтальне оперення опиняється в зоні обуреного потоку, зірваного з крила. Це стійке положення, з якого вивести літак дуже складно.

Штопор

Високошвидкісне обертання гвинта літака надає потоку ковзання штопороподібне або спіралеподібне обертання. При високій швидкості гвинта і низькій швидкості руху (як при зльоті, заході на посадку тощо) це спіралеподібне обертання дуже компактне і чинить сильну бічну силу на вертикальну поверхню хвостової частини літака

Коли цей спіралеподібний потік вдаряється об вертикальне оперення зліва, він викликає лівий поворотний момент навколо вертикальної осі літака. Чим компактніша спіраль, тим помітніша ця сила. Однак зі збільшенням швидкості спіраль подовжується і стає менш ефективною. Також штопор поділяється на такі види

За положенням літака:

Нормальний (прямий): коли літак рухається з позитивними кутами атаки.
Перевернутий (зворотний): коли літак рухається з негативними кутами атаки.

За кутом нахилу поздовжньої осі літака до горизонту:

- Крутий: кут нахилу від 50 до 90°.
- Пологий: кут нахилу від 30 до 50°.
- Плоский: кут нахилу менше 30°.

За напрямком обертання:

- Лівий: обертання проти годинникової стрілки.
- Правий: обертання за годинниковою стрілкою.

За стабільністю параметрів:

- Сталий: параметри залишаються майже постійними.
- Несталий: параметри змінюються.

За характером зміни параметрів під час витка:

- Рівномірний: параметри змінюються незначно.
- Коливальний: параметри змінюються значно

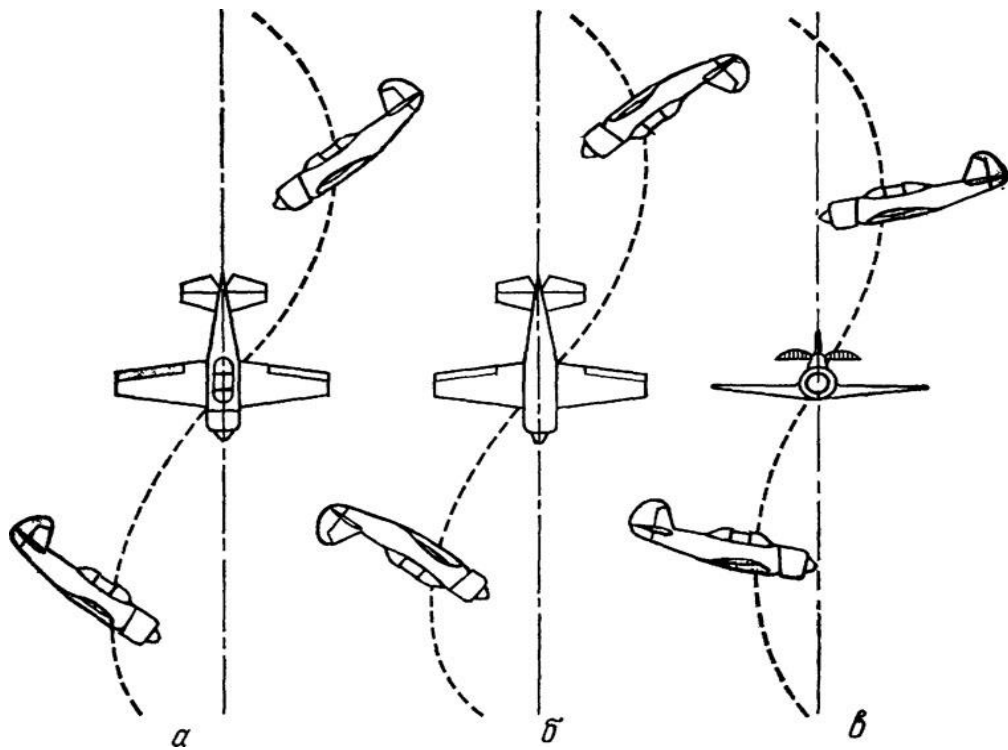


Рис.1.3-види штопора. а - прямий; б - зворотний; в – плоский

Флаттер

Флаттер - це самозбуджені коливання, викликані взаємодією інерційних, аеродинамічних сил і сил пружності конструкції. Після виникнення флаттера елементи конструкції літака будуть демонструвати коливання граничного циклу, що може призвести до катастрофічних аварій або втомного пошкодження конструкцій. Щоб не допускати цих автоколивань, розраховується критична швидкість польоту.

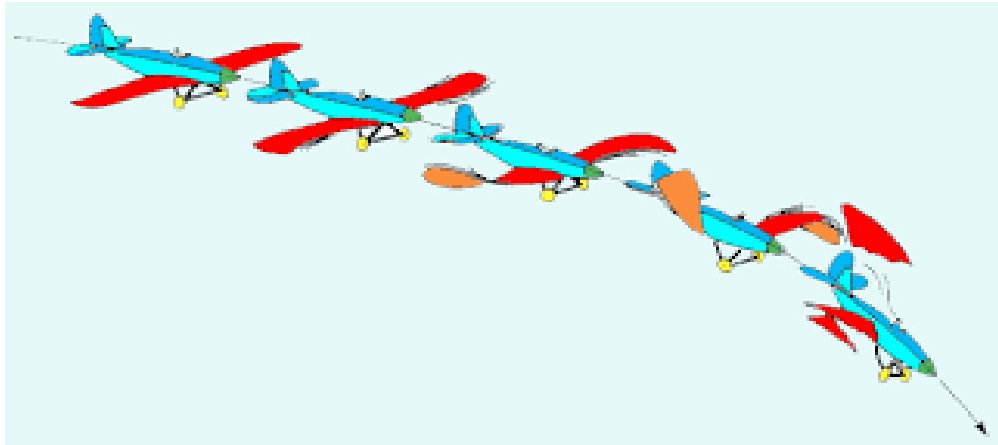


Рис.1.4-Резонанс крила при флатері

Політ на великих кутах атаки

Це політ літака, коли його кут атаки наближається до критичного. де відбувається створення максимального значення підйімальної сили.

Не рідко Крило втрачає свою несучу здатність і стає схожим на звичайну обрізну дошку. Крім того, зрив потоку відбувається нерівномірно по всій поверхні крила, що супроводжується тряскою і подальшим обертанням літального апарату

Критичний кут атаки залежить від багатьох факторів таких як профіль крила, його конфігурації, відносного подовження та інших факторів, але зазвичай знаходиться в межах від 8 до 20 градусів



Рис.1.5-Кут атаки

1.4 Бортові ЗЗБП

Бортові технічні засоби забезпечення безпеки польоту це системи які призначені для усунення на борту ПС небезпек з метою запобігання виникненню особливих ситуацій у польоті

До їх складу входять :

- Система обмеження кута атаки.

Вона призначена для автоматичного запобігання виходу ПС за допустимі кути атаки за умовами звалювання умовами звалювання, втрати граничної стійкості або тряски

- Система обмеження вертикального перевантаження

Вона призначена для автоматичного запобігання виходу ПС на максимально допустимі значення вертикальних перевантажень n

- Система обмеження висоти польоту

Вона призначена для автоматичного запобігання зниженню ПС нижче мінімальної безпечної висоти, що визначається умовами забезпечення безпеки польоту

- Система перерваного зльоту

Вона враховує різні сценарії зльоту, залежно від кількості силових установок на повітряному судні. Якщо установка одна, то єдиний спосіб запобігання аварійній посадці - екстрене припинення зльоту. У разі декількох установок, є два варіанти дій: перервати зліт або продовжити його. Правильний вибір не виключає можливості помилок, викликаних відмовою однієї з установок. Тому автоматизація цього процесу стає необхідною і була створена ця система

- Система безпечного відходу ПС на друге коло
Це автоматизована система яка аналізує інформацію с датчиків ,та видає рекомендації пілоту ,безпечної посадки або виходу на друге коло
- Система вимірювання параметрів атмосферної турбулентності.
Її основне призначення - виявлення областей атмосферної турбулентності; визначення структури та інтенсивності атмосферної турбулентності; видача сигналів у систему автоматичного парирования навантажень на ПС

РОЗДІЛ 2. Засоби контролю критичних режимів польоту

2.1. Автомат кутів атаки та сигналізації перевантажень

Система обмеження кута атаки.

Вона призначена для автоматичного запобігання виходу ПС за допустимі кути атаки за умовами звалювання, втрати граничної стійкості або тряски. В основі принципу дії цієї системи лежать безперервне порівнювання поточного значення кута атаки α з його допустимим значенням $\alpha_{доп}$ для даного режиму польоту і вироблення сигналу керування в разі наближення α і $\alpha_{доп}$

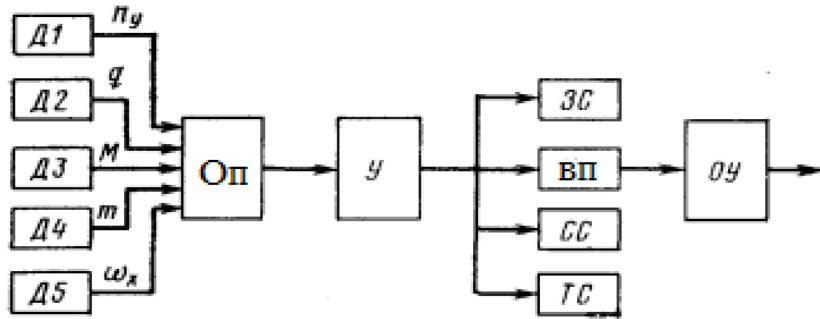


Рис. 2.1 - Структурна схема системи обмеження кута атаки

В обчислювальний пристрій ОП з датчиків Д1-Д3 надходять сигнали, пропорційні поточним значенням α , $V_{пр}$ і M . За значенням $V_{пр}$ обчислювальний пристрій визначає коефіцієнт підйомної сили $C_{уn}$ ($V_{пр}$), за якого літак стає нейтральним за перевантаженням; за величиною M - значення $C_{у}$, за якого настає звалювання (M) і тряска ПС $C_{утр}$ (M), а також похідну коефіцієнта підйомної сили за кутом атаки $C^{\alpha}_{у}(M)$.

За цими значеннями у ОП однозначно визначаються для цього режиму польоту допустимі значення кутів атаки втрати поздовжньої стійкості α_n , звалювання і тряски ($\alpha_{св}$ і $\alpha_{тр}$), які потім порівнюються з поточним значенням кута атаки α . У тому разі, якщо різниця між α і $\alpha_{дод}$ менша за деякого порогового значення, ОП формує сигнал, який посилюється в підсилювачі У. Цей сигнал приводить у дію виконавчий пристрій ІУ, який через орган управління ОУ зменшує кут атаки ПС, і в разі необхідності використання пілота як резервної ланки системи управління вмикає звукову (ЗС) або світлову (СС) сигналізацію

В авіації існує три рівні автоматизації обмежень:

Надання сигналів про порушення обмежень.

Формування рекомендацій або «підказок» для запобігання небезпечним наслідкам.

Втручання в процес ручного керування та протидія діям, які можуть призвести до порушення обмежень.

У сучасній авіації, з огляду на серйозну небезпеку перевищення допустимих кутів атаки, на літаках встановлюють системи, які використовують усі три рівні автоматизації обмежень за кутом атаки. Прикладом такої системи є система обмеження кута атаки (СОКА), яка використовувалася на літаку МіГ-23. На базовому для нас літаку МіГ-29 також встановлено систему обмежувальних сигналів СОС-3, яка реалізує всі три рівні автоматизації обмежень за кутом атаки.

Система обмеження вертикального перевантаження. Вона призначена для автоматичного запобігання виходу ПС на максимально допустимі значення вертикальних перевантажень n удоп.

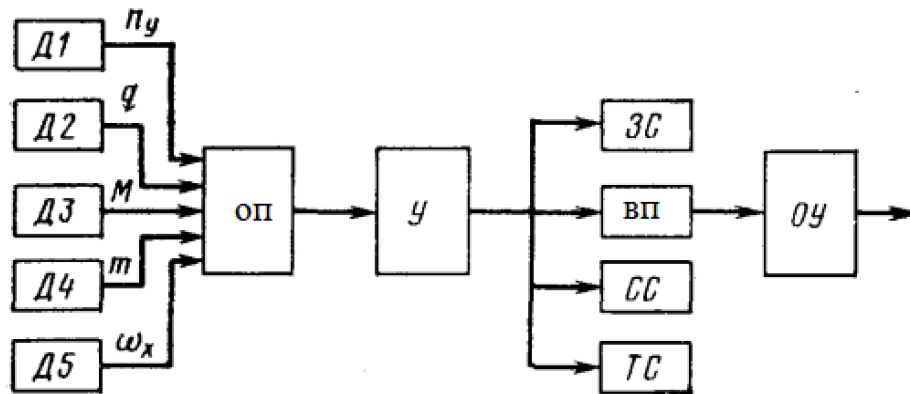


Рис. 2.2 - Структурна схема системи обмеження вертикального перевантаження

За значеннями швидкісного напору q , числа M і маси m в обчислювальному пристрої ОП визначається допустиме значення n удоп, яке безперервно порівнюється з поточним значенням n_y . Як тільки різниця

цих значень Δn досягає деякого порогового значення, ОП формує сигнал, який після посилення приводить у дію виконавчий пристрій і вмикає звукову, світлову, і тактильну, сигналізацію.

2.2. Система попередження критичних режимів

Система попередження критичних режимів польоту СПКР-85 призначена для:

- Визначення порогових значень (меж експлуатаційних допусків) контрольованих параметрів польоту.
- Передавання інформації про порогові значення контрольованих параметрів польоту в систему електронної індикації.
- Формування і передавання в інформаційну систему сигналізації, системи аварійної та електронної індикації попереджувальних сигналів про наближення параметрів польоту до їхніх граничних значень.
- Формування і передавання в систему збору і локалізації відмов інформації про режими роботи, готовність і працездатність обчислювачів СПКР-85

Система СПКР-85 забезпечує:

1. Розрахунку порогових значень (меж експлуатаційних допусків) наступних параметрів польоту: кута атаки, нормального перевантаження, кута крену, приладової швидкості, відхилення від заданої висоти польоту на поверсі, а також змін швидкості та напрямку вітру ("зсув вітру") на етапах зльоту та заходу на посадку, виходу на друге коло
2. Обчислення граничних значень контрольованих параметрів польоту, тобто діапазону значень цих параметрів між рекомендованими та

експлуатаційними допусками з урахуванням запасів на сукупні похибки їх формування.

3. Передача інформації про граничні значення параметрів польоту у вигляді двійкового коду в систему електронної індикації.
4. Формування і передавання в комплекс системи інтегрованого сигналізування та контролю стану (КІСС) одноразових застережних сигналів про наближення і перевищення параметрами польоту своїх граничних значень з урахуванням їхньої пріоритетності, а також передавання в КІСС та систему збирання і локалізації відмов інформації про готовність і працездатність обчислювачів СПКР-85, включно зі справністю ліній зв'язку та достовірністю інформації, що надходить у вигляді послідовного двійкового цифрового коду від датчиків інформації.

Склад спкр-85

Ця система є складною конструкцією, що містить два ідентичних блоки обчислювальних пристроїв БВУ-6. Їх функції включають приймання, обчислення та передачу інформації у формі 32-розрядного послідовного коду і відповідних однократних команд до зовнішніх систем об'єкта. Крім того, обчислювачі відповідають за контроль своєї власної працездатності та перевірку ліній зв'язку, а також виявлення несправностей в інформації, що надходить від систем-датчиків

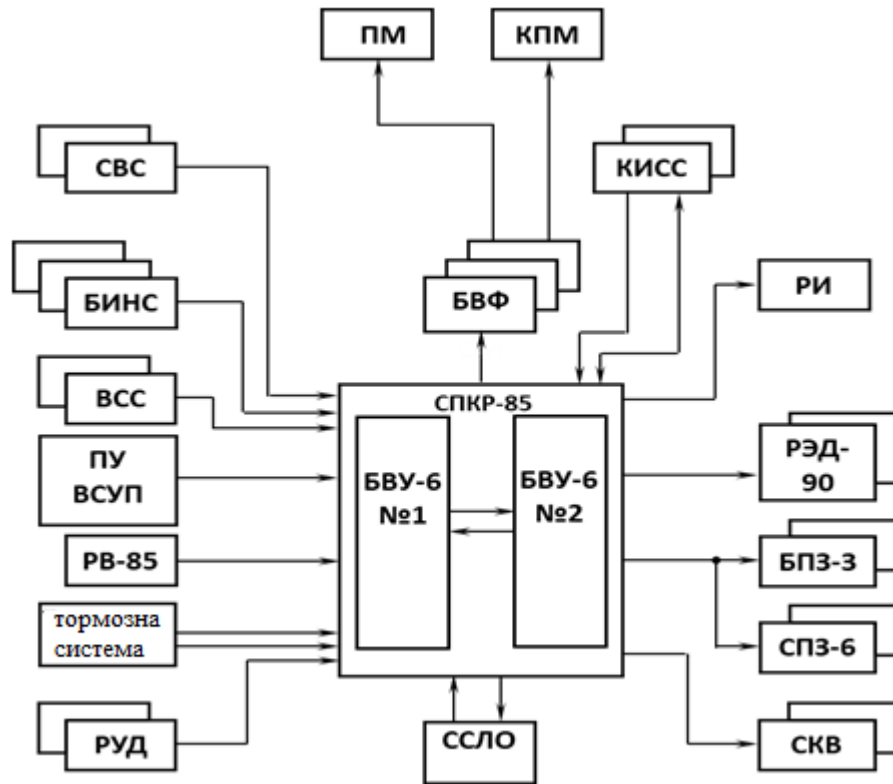


Рис.2.3-Схема зв'язку СПКР із системами КСЦПНО і бортовим обладнанням

Система СПКР-85 передає обчислену інформацію в наступні системи:

У КИСС:

Для відображення в кадрі "БЛОКИ" інформації про відмову обчислювачів СПКР-85.

Для активування звукової сигналізації про досягнення допустимого кута атаки або допустимого максимального чи мінімального нормального перевантаження.

У ССЛО:

Для зберігання, відображення і передавання в МСРП інформації про відмови як обчислювачів СПКР-85, так і взаємодіючих з СПКР-85 систем, включаючи лінії зв'язку СПКР-85 з цими системами.

У мовний інформатор АЛМАЗ-УП, який відтворює мовні повідомлення:

"ШВИДКІСТЬ МАЛА"

"ШВИДКІСТЬ ВЕЛИКА"

"ВІДХИЛЕННЯ ВІД ЕШЕЛОНУ"

"КРЕН ВЕЛИКИЙ"

"ЗСУВ ВІТРУ"

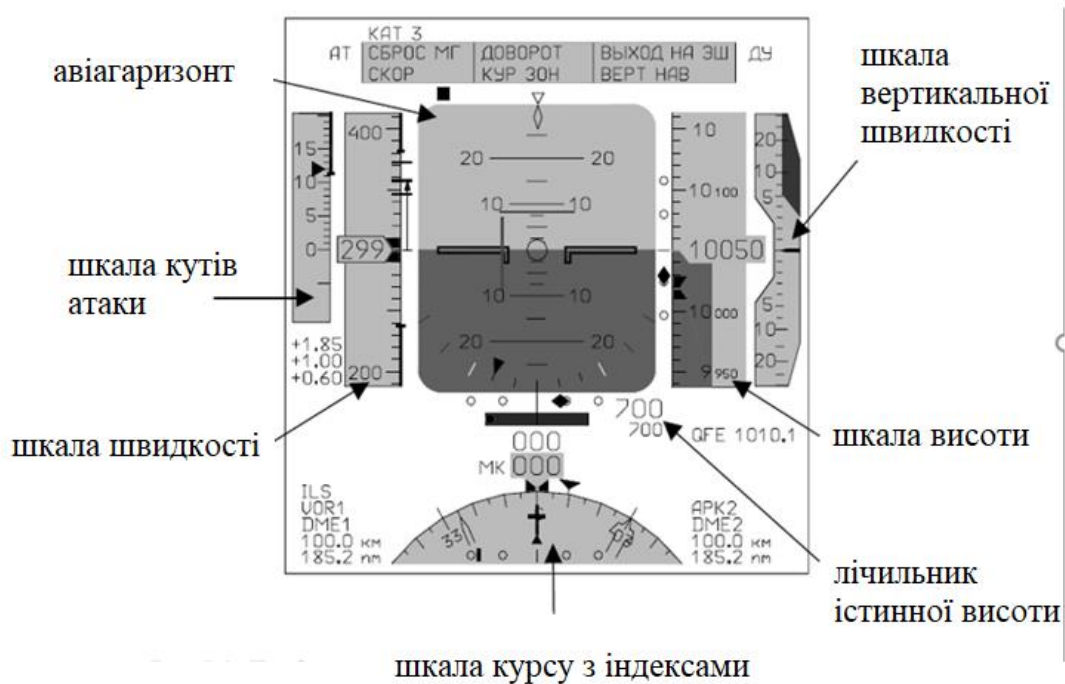


Рис.2.4-Г образне компонування пілотажно навігаційних параметрів

Режими роботи

Передпольотна підготовка СПКР-85 до роботи включає контроль справності в межах передпольотної підготовки (ПНО) та введення та контроль вихідних даних через вузол стартувальної системи (ВСС).

При нормальній роботі СПКР-85 автоматично формує ознаку готовності без повідомлення екіпажу. Ознака неготовності СПКР-85 до зльоту передається в КІСС для відображення в кадрі "БЛОКИ".

Під час виконавчого старту періодично контролюється стан обчислювачів за допомогою вбудованих засобів контролю.

Під час повітряної ділянки зльоту, заходу на посадку та відходу на другий круг СПКР-85 формує наступну інформацію:

1. Величину допустимого кута атаки (α ДОП).
2. Максимально допустиме і мінімально допустиме нормальне перевантаження (n У МАКС і n У МІН).
3. Максимально допустиму приладову швидкість ($V_{\text{МАКС}}$).
4. Мінімально допустиму приладову швидкість ($V_{\text{МІН}}$).
5. Величину відхилення від ешелону (γ доп).
6. Величини сильного та помірного зсуву вітру (δ СВ КР та δ СВ доп).
7. Ознаки досягнення параметрами польоту своїх порогових значень.

2.3. Система сигналізації небезпечної швидкості наближення землі

Система запобігання зіткненням і попередження про зіткнення із землею (TAWS)

Визначення

Система TAWS забезпечує льотний екіпаж інформацією та сповіщеннями про потенційно небезпечні ситуації на місцевості, що дозволяє їм вживати ефективних заходів для запобігання зіткненню з землею (CFIT).

Опис

Система TAWS є безпековим механізмом, який автоматично попереджає пілотів про небезпечну близькість до земної поверхні, використовуючи дані з радіовисотоміра та швидкість наближення до місцевості. Перша версія цієї системи, GPWS, була впроваджена у 1970-х роках для боротьби з високою частотою аварій CFIT. Базова версія GPWS використовує інформацію про висоту від радіовисотоміра та стан шасі, але має обмеження, оскільки залежить тільки від радіовисотоміра.

У 1997 році була створена вдосконалена версія цієї системи - EGPWS, яка використовує GPS-дані та базу даних місцевості, щоб забезпечити більш точні та надійні попередження про небезпеку зіткнення з місцевістю. Ці системи об'єднують дані з радіовисотоміра та позиційні дані для надання повного набору попереджень. EGPWS та TAWS тепер фактично взаємозамінні терміни.

Інформація, надана TAWS

Системи TAWS класифікуються на класи А та В, залежно від їх складності. Клас А є обов'язковим для великих комерційних літаків, тоді як клас В призначений для авіації загального призначення та менших комерційних літаків. Основні функції TAWS включають:

- Функція запобігання зіткненням із перешкодами (FLTA): Попереджає про можливі загрози CFIT, ґрунтуючись на траєкторії польоту літака.

- Функція попередження про передчасний спуск (PDA): Використовує інформацію про поточне положення літака та траєкторію польоту, щоб визначити, чи не знаходиться літак у небезпечній зоні під час посадки.

Системи класу А також повинні надавати візуальні та звукові попередження, індикацію місцевості на дисплеях та індикацію неминучого контакту із землею за різних умов, таких як надмірні швидкості зниження або зближення з місцевістю, втрата висоти після зльоту, політ на землю без посадкової конфігурації, надмірне відхилення від глісади та сигнал "П'ятсот" при зниженні на висоту 500 футів над місцевістю.

Системи класу В забезпечують попередження під час надмірного зниження, втрати висоти після зльоту та сигнал "П'ятсот" при зниженні на 500 футів над найближчою злітно-посадковою смугою

Принцип роботи системи

Отримуючи дані про відстань до рельєфу від радіовисотоміра, комп'ютер літака постійно аналізує потенційну небезпеку ситуації. Якщо ситуація визнається небезпечною, екіпажу надсилаються аудіовізуальні попередження:

- надмірна швидкість зниження: "SINK RATE" або "PULL UP";
- надмірна швидкість наближення до поверхні: "TERRAIN" або "PULL UP";
- втрата висоти після зльоту або при великій тязі: "DON'T SINK";
- потенційно небезпечні умови посадки:
- "TOO LOW - GEAR" (земля близько, але шасі не випущені);
- "TOO LOW - FLAPS" (земля близько, але механізація крила не в посадковому положенні);
- "TOO LOW - TERRAIN" (об'єднує попередні попередження);
- надмірне відхилення від глісади: "GLIDESLOPE";

- надмірно великий кут крену: "BANK ANGLE";
- попередження про зсув вітру: "WINDSHEAR".

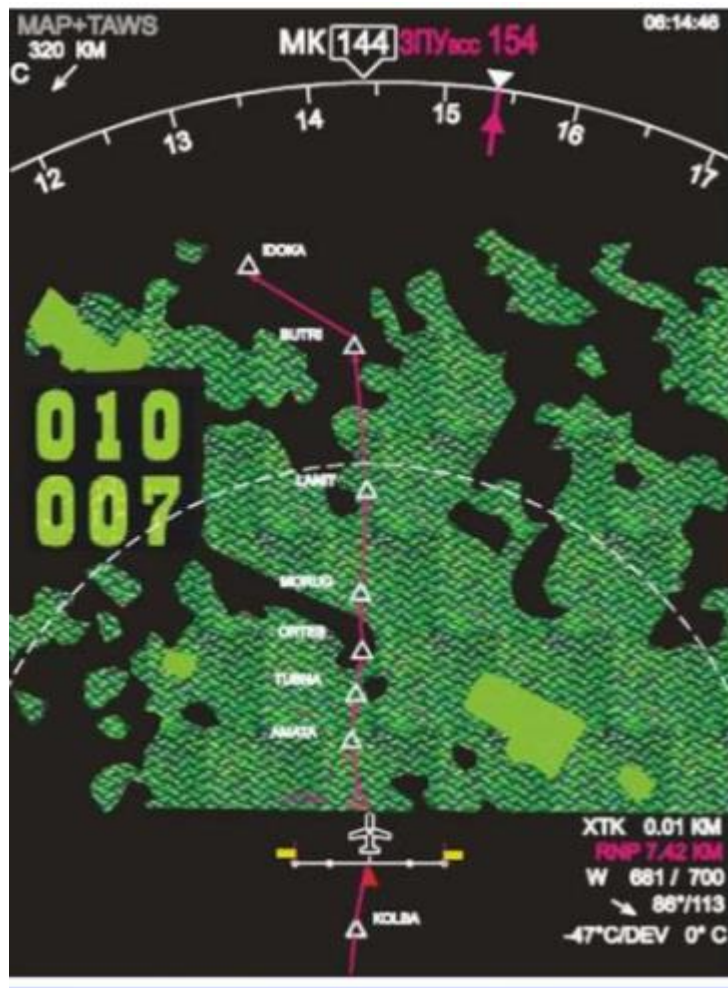


Рис.2.5-Зображення на індикаторі MAP+TAWS

2.4. Засоби попередження про можливість зіткнення у повітрі

TCAS (англ. Traffic Collision Avoidance System) — система попередження зіткнення літаків (СПЗЛ) у повітрі, призначена для інформування екіпажу про можливе зіткнення з іншими літаками в межах зони виявлення. До складу системи входить обчислювач і дві антени, а за відсутності на борту

системи індикації — також окремий індикатор. Антени розташовуються в носовій частині літака з різних боків фюзеляжу, щоб уникнути взаємних перешкод. Одна антена, всеспрямована, знаходиться під фюзеляжем, а інша, спрямована для точного визначення напрямку на інший літак, розташована над фюзеляжем. СПЗ використовує обладнання відповідача УВС замість власного передавача і пульта керування.

Система формує дві об'ємні ділянки повітряного простору навколо літака: "зону попередження" (Warning Area) і "зону підвищеної уваги" (Caution Area). Вона відстежує траєкторії інших літаків і оцінює потенційні загрози. У разі виявлення можливості конфлікту система сповіщає пілота, вказуючи необхідний маневр для уникнення зіткнення. Щоб уникнути одночасних маневрів у той самий бік, СПЗ двох зближених літаків координують свої дії.

TCAS II забезпечує два види попереджень:

1. Консультативну інформацію ТА (traffic advisory) про наявність інших літаків у межах зони виявлення.
2. Рекомендації щодо вирішення загрози зіткнення RA (resolution advisory).

TCAS II є єдиним надійним інструментом запобігання зіткненням у повітрі, тому вона має бути постійно ввімкнена в режимі ТА/РА під час виконання всіх польотів – від моменту зайняття виконавчого старту до звільнення ЗПС після посадки, за винятком випадків, передбачених РЛ повітряного судна або особливостями виконання польоту. Екіпаж не повинен маневрувати лише на підставі консультативної інформації про повітряний рух.

Рекомендації щодо прийняття рішень:

- Режим ТА – попередження про небезпеку. Сигналізація ТА видається у вигляді позначення конфліктного повітряного судна у формі жовтого кола та мовленнєвим попередженням: "TRAFFIC, TRAFFIC".

Покоління TCAS

- TCAS I надає пілотам оповіщення про потенційні небезпеки, які слід враховувати.
- TCAS II, крім попереджень (ТА), забезпечує пілотів вказівками щодо маневрів у вертикальній площині для уникнення зіткнень, надаючи резолюційні поради (RAs).
- TCAS III і TCAS IV повинні були надавати вказівки щодо розходження в горизонтальній площині, але наразі вони не використовуються через певні проблеми

Відображення на приладі






| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">Own aircraft</p> <p>Власний літак, як варіант також може відображатись символ літака (A320 etc.)</p> |  |
| <p style="text-align: center;">Other aircraft</p> <p>Інший літак, висота невідома</p> |  |
| <p style="text-align: center;">Proximate traffic</p> <p>Літак в межах 6NM та 1200feet. Відносна висота вказана в сотнях футів над літаком.</p> |  |
| <p style="text-align: center;">Traffic advisory</p> <p>900feet нижче літака</p> |  |
| <p style="text-align: center;">Resolution advisory</p> <p>500feet нижче літака та набирає висоту</p> |  |

Рис.2.6 -Відображення на приладі

2.5. Засоби попередження про небезпечну метеорологічну обстановку

Система вимірювання параметрів атмосферної турбулентності являє собою комплексний пристрій, необхідний для забезпечення безпеки польотів в умовах змінної атмосферної динаміки. Її основна функція полягає у виявленні зон атмосферної турбулентності, аналізі їхньої структури та інтенсивності, а також передаванні даних для систем автоматичного керування, які реагують на зміни навантажень на повітряне судно, спричинені вертикальними повітряними потоками.

Цей процес включає використання бортової радіолокаційної системи (РЛС), яка отримує відбиті сигнали від хмар. Отримані дані подаються на систему стробування (СС), що забезпечує паралельне приймання сигналів від різних ділянок інтервалу дальності. Кожен канал системи стробування дає змогу переглядати певний інтервал дальності та вимірювати середню частоту флуктуацій. Ця частота пов'язана з інтенсивністю турбулентності. Потім дані передаються на індикатори, що показують області атмосферної турбулентності та швидкість турбулентного потоку.

Для компенсації перевантажень необхідна інформація про вертикальні складові швидкостей вітру. Оцінка розподілу цих складових дає змогу аналізувати структуру турбулентного потоку щодо осі польоту повітряного судна. Обробка цих даних за спеціальними програмами дає змогу передбачати розподіл вертикальних складових турбулентних швидкостей і, таким чином, забезпечувати більш ефективне управління польотом.

2.6 Автоматичні системи попередження та корекції

Автоматичні системи попередження та корекції є ключовими для забезпечення безпеки та ефективності у повітрі. Вони призначені для виявлення потенційних небезпек або помилок у роботі системи, а також для автоматичного управління або корекції цих ситуацій.

Ці системи можуть використовувати різноманітні датчики, включаючи радіолокаційні, інфрачервоні, акустичні тощо, для виявлення небезпек або відхилень від норми. Після виявлення таких ситуацій вони можуть автоматично вжити заходів для їх усунення або мінімізації наслідків.

До їх складу входять

- TCAS (Система автоматичного управління колізіями та попередження від зіткнень): Вона використовує радіолокаційні дані для виявлення наближення до інших повітряних суден і надає пілотам відповідні попередження та інструкції для уникнення зіткнень.
- GPWS (Система попередження про низьку висоту): Вона використовує дані з висотомірів та інших датчиків, щоб виявляти наближення до небезпечно низької висоти та надавати попередження пілотам.
- FLCS (Система автоматичного керування польотом): Вона використовується для автоматичного управління рульовими поверхнями повітряного судна з метою підтримки відповідного польоту та уникнення небезпек.
- AFCS (Автоматична система керування польотом): Це комплексна система, яка включає в себе різні функції автоматизації, включаючи автопілот, стабілізацію, керування триманням курсу тощо.
- AHRS (Система автономної орієнтації та керування): Вона використовує датчики для вимірювання орієнтації повітряного судна у просторі та може надавати автоматичне коригування для підтримки стабільного польоту.

Розділ 3. Аналіз ефективності засобів контролю

3.1. Застосування інтегрованих комплексних систем управління для

підтримки безпеки польоту

Інтегровані комплексні системи управління є важливим елементом сучасних авіаційних технологій, що спрямовані на забезпечення високого рівня безпеки польотів. Їх використання охоплює кілька основних аспектів:

Підвищення точності та надійності

Інтегровані системи управління об'єднують різноманітні прилади та датчики, що дозволяє значно підвищити точність вимірювань і надійність отриманих даних. Наприклад, сучасні радіовисотоміри, такі як РВ-85, забезпечують високоточне вимірювання висоти польоту над рельєфом земної поверхні. Це дозволяє пілотам отримувати точну інформацію про висоту польоту в реальному часі, що є критично важливим для безпеки під час зльоту, посадки та інших етапів польоту.

Автоматизація процесів

Інтегровані системи управління дозволяють автоматизувати багато процесів, що знижує навантаження на екіпаж і зменшує ймовірність людських помилок. Наприклад, системи автоматичного управління польотом можуть взяти на себе завдання підтримки стабільної висоти, курсу та швидкості польоту, що дозволяє пілотам зосередитися на інших важливих аспектах управління літаком.

Система електронної індикації

Засоби відображення індикації, такі як система електронної індикації СЕІ-85, забезпечують наочне представлення важливої навігаційної інформації та стану бортових систем. Це дозволяє екіпажу швидко оцінювати ситуацію та приймати правильні рішення. Включення резервних приладів до системи

відображення додатково підвищує надійність, оскільки забезпечує резервні канали отримання інформації у разі відмови основних систем.

Система збирання та локалізації відмов

Система збирання та локалізації відмов (ССЛО-85) призначена для моніторингу стану бортових систем і виявлення можливих несправностей. Вона дозволяє своєчасно ідентифікувати проблеми та вжити необхідних заходів для їх усунення, що значно підвищує безпеку польотів. Завдяки цій системі екіпаж може оперативнo отримувати інформацію про відмови та вжити відповідних заходів для збереження контролю над літаком.

Інтеграція з іншими системами

Інтегровані комплексні системи управління тісно пов'язані з іншими системами літака, такими як системи навігації, зв'язку та управління польотом. Це дозволяє забезпечити єдину інформаційну середу, в якій всі системи працюють узгоджено та доповнюють одна одну. Така інтеграція дозволяє підвищити загальний рівень ситуаційної обізнаності екіпажу та сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень у різних умовах польоту.

Висновок

Застосування інтегрованих комплексних систем управління сильнo підвищує безпеку польотів, забезпечуючи точність, надійність і автоматизацію управління літаком. Вони дозволяють екіпажу ефективно керувати літаком, своєчасно виявляти та усувати несправності, а також приймати правильні рішення у складних ситуаціях

3.2 Методики аналізу даних з датчиків критичних режимів польоту

Аналіз даних з датчиків, що фіксують критичні режими польоту, є ключовим для забезпечення безпеки та ефективності авіаційних операцій.

Основні методики включають:

Збір і попередня обробка даних:

- Дані з датчиків зчитуються в реальному часі та записуються для подальшого аналізу.
- Використовується фільтрація для видалення шуму та помилок вимірювань.

Аналіз тенденцій і аномалій:

- Виявлення відхилень від стандартних параметрів польоту для раннього виявлення потенційних проблем.
- Використання статистичних методів для аналізу нормальних і аномальних режимів роботи.

Використання моделей і алгоритмів прогнозування:

- Застосування математичних моделей для прогнозування поведінки літального апарату за різних умов.
- Використання алгоритмів машинного навчання для поліпшення точності прогнозів і виявлення прихованих закономірностей.

Кореляційний аналіз:

- Встановлення зв'язків між різними параметрами польоту для розуміння їх взаємного впливу.
- Використання методів регресійного аналізу для кількісного опису цих зв'язків.

Оцінка ризиків:

- Використання отриманих даних для оцінки ризиків, пов'язаних з критичними режимами польоту.
- Розробка заходів щодо зниження ризиків і підвищення безпеки польотів.

Розробка і вдосконалення алгоритмів управління:

- Застосування результатів аналізу для вдосконалення існуючих та створення нових алгоритмів автоматичного керування літальними апаратами.
- Впровадження адаптивних систем, що самонавчаються, для покращення реакції на нестандартні ситуації.

Ці методики дозволяють ефективно використовувати дані з датчиків для забезпечення високого рівня безпеки та надійності польотів, а також для постійного вдосконалення систем управління авіаційними процесами.

3.3 Загальна характеристика ЗОК

Засіб об'єктивного контролю призначений для збирання та зберігання інформації про умови польоту, технічний стан і якість роботи систем і агрегатів повітряного судна, для оцінки дій екіпажу під час керування літаком та аналізу інших параметрів польоту

Використання засобів об'єктивного контролю, таких як бортові системи збору польотної інформації (БСЗПІ) і наземні системи реєстрації та обробки польотних даних, дає змогу вирішувати такі завдання:

- контролювати й оцінювати якість виконання польотів, а також запобігати порушенням правил льотно-технічної експлуатації повітряного судна;
- оцінювати працездатність авіаційної техніки, виявляти її відмови і несправності, прогнозувати подальшу працездатність;
- підвищувати професійну підготовку льотного і диспетчерського складу;
- контролювати повноту і якість технічного обслуговування;
- забезпечувати відповідність авіаційної техніки чинним нормам льотної придатності під час сертифікації;
- надавати необхідну інформацію Комісії з розслідування авіаційних подій та інцидентів;
- підвищувати ефективність використання авіаційної техніки та економити паливо;
- встановлювати справжні причини авіаційних подій та інцидентів.

Засоби об'єктивного контролю включають в себе бортове і наземне обладнання для збору та обробки польотної інформації. Їх можна розділити на такі групи:

- бортові засоби збору параметричної інформації;
- бортові засоби збору звукової інформації;
- бортові засоби автоматизованого оброблення та аналізу параметричної інформації;
- наземні засоби збору польотної інформації;

- наземні засоби обробки польотної інформації.

Запис параметрів польоту за допомогою бортових СОК дає змогу відтворити траєкторію польоту повітряного судна і його положення в просторі, визначити початок аварійної ситуації та характер її розвитку, оцінити дії екіпажу і працездатність окремих функціональних систем повітряного судна. Запис переговорів членів екіпажу між собою і з диспетчерськими службами допомагає оцінити правильність їхньої взаємодії, чіткість подачі команд командиром повітряного судна та їх виконання членами екіпажу.

Спільний аналіз синхронізованих у часі записів параметрів польоту і переговорів дає змогу зрозуміти причини змін параметрів польоту, режиму роботи двигунів та інших систем. Використання бортових СОК значно скорочує кількість авіаційних подій з невстановленими причинами, що, своєю чергою, допомагає запобігти аналогічним подіям у майбутньому і підвищує безпеку польотів.

3.4. Призначення та класифікація ЗОК

Бортові засоби об'єктивного контролю можна класифікувати за призначенням, за принципом запису інформації, за формою запису.

За призначенням БСЗПІ поділяються на: аварійні, експлуатаційні, комбіновані та випробувальні

Аварійні -призначені для накопичення і збереження інформації в разі авіаційної події. Використовуються під час розслідування

авіаційних подій. Носії інформації мають аварійний захист від впливу механічних навантажень, агресивних рідин, води, вогню, забезпечені засобами порятунку і виявлення

Експлуатаційні - призначені для накопичення інформації, необхідної для оцінки якості техніки пілотування, працездатності і стану авіаційної техніки, а також для діагностики та прогнозування.

У цих системах аварійний захист носія інформації відсутній, кількість параметрів, що реєструються, досягає декількох сотень, а тривалість запису - протягом усього польоту

Комбіновані - поєднують функції аварійних та експлуатаційних самописців, виконуються в одному захищеному корпусі, один з яких аварійний, другий - експлуатаційний

Випробувальні системи використовують під час випробувань нових зразків авіаційної техніки. Це нестандартні ЗОК, що застосовуються для запису великої кількості різноманітних параметрів польоту і роботи авіаційної техніки. До них можна віднести різні самописці, осцилографи та інші системи.

За принципом запису інформації бортові системи збору польотної інформації (БСЗП) поділяються на пристрої з механічним, фотографічним, магнітним способом запису і комбіновані

- Системи з механічним принципом запису зазвичай використовуються як аварійні системи. Запис здійснюється шляхом дряпання на спеціальному папері, фользі або плівці, що переміщується, за допомогою рухомого

елемента датчика. Цей принцип запису застосовується переважно в самописцях, що реєструють два-три параметри. Основними недоліками систем з механічним принципом запису є низька щільність і точність запису високочастотних сигналів, а також різке збільшення маси в разі збільшення кількості параметрів, що реєструються.

- Системи з осцилографічним принципом запису фіксують параметри світловим променем на фотопапері або плівці. Вони мають високу точність і мають значну перевагу перед системами з механічним записом за масою і габаритами, що дає змогу записувати до 30 параметрів. Однак вони також мають недоліки, такі як низька щільність запису, відносно вузька смуга пропускання і трудомісткість автоматизації обробки осцилограм.
- Системи з магнітним принципом запису використовують магнітні накопичувачі інформації. За порівняно невеликої маси і габаритів вони забезпечують запис великої кількості параметрів з високою точністю і щільністю, реєструючи кілька параметрів в одному каналі. Носієм інформації служить багаторазово використовувана магнітна стрічка, що значно скорочує час підготовки системи до наступних польотів. Магнітний принцип запису також дає змогу автоматизувати процес обробки інформації. Прикладами таких систем є системи типу МСРП.
- Системи з фотографічним принципом запису, що включають усі фотоконтрольні прилади, забезпечують отримання інформації високої документальності. Вони широко використовуються для виявлення і фотографування місць авіаційних подій.

До систем з комбінованим принципом запису відносяться засоби об'єктивного контролю (ЗОК), в яких поєднуються кілька вищезазначених принципів запису.

За формою запису бортові ЗОК поділяються на системи з аналоговою, дискретною та аналого-дискретною формами запису інформації.

Системи з аналоговою формою запису включають майже всі системи з механічним і осцилографічним принципами запису, а також диктофони і магнітофони, які використовують прямий запис переговорів на магнітний носій. Основний недолік таких ЗОК - низька щільність і точність реєстрації параметрів, а також трудомісткість автоматизації обробки записаної інформації.

Системи з дискретною формою запису в основному включають системи з магнітним принципом запису. Переваги таких систем полягають у високій точності реєстрації параметрів, високій щільності запису і можливості автоматизації обробки записаної інформації

Системи з аналого-дискретною формою запису дають змогу записувати частину параметрів у дискретній формі, а також деякі параметри для оперативного якісного аналізу польоту і працездатності авіаційної техніки в наочній аналоговій форм

3.5 Випадки з авіаційної практики та розслідування інцидентів

Система забезпечення безпеки польотів

Однією з основних підсистем існуючої системи забезпечення безпеки польотів є система інформаційного забезпечення. Це комплекс заходів,

спрямованих на збір та узагальнення інформації про стан безпеки польотів, на основі якої розробляються конкретні заходи для запобігання авіаційним подіям і підвищення рівня безпеки польотів.

Важливість автоматизованих систем

За сучасних умов, із великим обсягом інформації про авіаційні події та інциденти, використання обчислювальних засобів та автоматизованих систем є практично необхідним. ІКАО надає великого значення використанню електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) для вирішення проблем безпеки польотів.

У 1974 році Рада ІКАО ухвалила рішення про створення міжнародної автоматизованої системи збору та узагальнення даних про авіаційні події та інциденти, рекомендувавши всім державам-членам ІКАО створити національні автоматизовані системи управління факторами безпеки польотів.

Система «ADREP»

У 1976 році ІКАО започаткувала автоматизовану обробку даних про авіаційні події та інциденти через міжнародну систему «ADREP». Було видано керівництво щодо подання даних про авіаційні події, яке включає інструкції зі складання звітів про авіаційні події та інциденти, а також інструкції з подання запитів на отримання інформації з системи. Керівництво містить перелік показників та їх значень для опису обставин і причин подій, а також зразки формалізованих звітів.

Відповідно до Додатку 13 до Чиказької конвенції, державам-членам ІКАО рекомендується надсилати до системи «ADREP» інформацію про всі авіаційні події з багатодвигунними повітряними суднами з максимальною злітною масою понад 2250 кг. Також збираються дані про інциденти, які ІКАО вважає важливими для підвищення безпеки польотів.

Подання звітів

Оскільки розслідування авіаційних подій зазвичай займає значний час, дані подаються двічі: у вигляді попереднього звіту і потім у вигляді інформаційного (повного) звіту. Попередній звіт містить інформацію, отриману протягом перших 3-4 тижнів розслідування, включаючи короткий опис події, обставини, додаткові зауваження та рекомендації з безпеки. Інформаційний звіт надсилається після завершення розслідування та затвердження остаточного звіту відповідним органом держави, яка проводить розслідування.

Звіти заповнюються на одному з робочих мов ІКАО.

Інформація, що надається ІКАО

На основі даних у системі «ADREP» ІКАО надає державам наступну інформацію:

- Щомісячні зведення попередніх звітів за попередній місяць.
- Щорічні збірники статистичних даних про авіаційні події та інциденти, що містять дані про типи повітряних суден, види авіаційних подій та тенденції змін показників безпеки польотів.
- Відповіді на запити щодо конкретних проблем безпеки польотів.

Національні автоматизовані системи

На сьогоднішній день майже в усіх країнах з розвинутою цивільною авіацією існують або активно розробляються національні автоматизовані системи управління, які здійснюють збір та обробку даних про авіаційні події та інциденти. Автоматизовані системи збору та обробки статистичних даних з безпеки польотів широко застосовуються в США, Канаді, Великобританії, Австралії та інших країнах.

Аварії які сталися через несправність систем попередження критичних ситуацій:

- 28 листопада 1979 року DC-10 врізався в гору Еребус. Мало того що літак відхилився від курсу, так ще й пілоти не змогли вчасно набрати необхідну висоту.
- 2 жовтня 1996 року BOEING-757 потонув в Атлантичному океані поруч із містом Ліма. Кілька важливих датчиків були заклеєні ізоляційною стрічкою, через що прилади стали видавати суперечливу інформацію - за фактичної висоти в 30 метрів GPWS відправив повідомлення "PULL UP", але на висотомірах висота була 1200 метрів. Через це пілоти змогли відреагувати на правильне повідомлення, тільки коли було вже занадто пізно.
- 10 квітня 2010 року під Смоленськом зазнав аварії Ту-154. На борту були найважливіші персони польської політики. Пілоти опустилися нижче глісади, погубивши літак з усіма пасажирами. Система просто не могла попередити пілотів, оскільки аеропорт Смоленська та його околиці не були занесені в карту комп'ютера

- 28 листопада 1979 року літак DC-10 авіакомпанії Air New Zealand врізався в гору Еребус на острові Росса (Антарктида), загинули всі 257 осіб на борту. Літак відхилився від курсу через неправильно заданий маршрут. Незважаючи на своєчасну активацію сигналізації GPWS-системи, пілоти не змогли набрати висоту і уникнути зіткнення з горою.
- 9 червня 1995 року літак de Havilland Canada Dash 8 авіакомпанії Ansett New Zealand зазнав катастрофи біля міста Палмерстон-Норт у гірському хребті Тараруа. Загибло 4 людини, 17 постраждали. Розслідування встановило, що через антени радіовисотоміра стався збій у GPWS-системі, хоча Слідча комісія транспортних пригод (ТАІС) це заперечила.
- 20 грудня 1995 року під Калі літак American Airlines Boeing-757 під час заходу на посадку врізався в гору Ель-Делювіо, знищивши 159 з 163 осіб на борту. Екіпаж припустився серії помилок, неправильно вказавши курс, і попрямував прямо до гори. Система GPWS спрацювала за 12 секунд до зіткнення, але пілоти не встигли набрати висоту через увімкнене повітряне гальмо.
- 2 жовтня 1996 року під Лімою розбився Boeing-757 авіакомпанії Aeroperú, загинули 70 осіб. Перед вильотом кілька датчиків були заклеєні ізоляційною стрічкою, що спричинило хибні свідчення і численні спрацювання тривоги. Літак упав у воду, незважаючи на зусилля пілотів.
- 1 грудня 1974 року під Вашингтоном зазнав аварії Boeing-727 компанії Trans World Airlines. Через помилки екіпажу, літак почав знижуватися нижче безпечної висоти і врізався в гору Уетер. Сигнал про небезпечну

близькість землі надійшов своєчасно, але пілоти не побачили гору в тумані і не встигли набрати висоту. Загинули 92 людини.

- 7 березня 2007 року в Індонезії біля міста Джокьякарта зазнав катастрофи Boeing-737, загинула 21 людина. Пілот не відреагував на сигнал GPWS, який вимагав піти на друге коло, і зажадав випустити закрилки. Другий пілот не виконав наказ через високу швидкість руху літака, але не пояснив причини своєї дії. Командир повітряного судна був звинувачений в ненавмисному вбивстві, але Вищий суд Індонезії повністю виправдав пілота, посилаючись на неприпустимість пред'явлення звинувачень на підставі офіційних документів ІКАО.
- 23 січня 2008 року під Мирославцем розбився літак Casa C-295M, що належав ВПС Польщі. Загинули всі 20 осіб на борту. Літак був обладнаний системою EGPWS, але звукове сповіщення було відключено, а пілот не навчався роботі з цією системою.
- 21 лютого 2008 року під Мерідою під час польоту ATR 42-300 спрацювала GWPS-система про небезпечне зближення з перешкодою. За 28 секунд пілоти не встигли набрати потрібну висоту, і літак врізався в гору Ла-Кара-дель-Індіо, загинули всі 43 людини на борту.
- 10 квітня 2010 року під Смоленськом розбився літак Ту-154, на якому летіла велика польська делегація на чолі з президентом Лехом Качинським. Загинули всі 96 пасажирів і членів екіпажу. Система TAWS працювала справно, але аеропорт під Смоленськом не був у базі даних TAWS.

- 22 травня 2010 року зазнав аварії Boeing-737 в індійському Мангалурі. Командир повітряного судна проігнорував попередження системи EGPWS і другого пілота, намагаючись зайти на посадку. Літак зіткнувся із землею і вилетів у яр. З 166 осіб вижило лише 7.
- У 1956 році над Великим Каньйоном в Аризоні, США, сталася авіакатастрофа, в якій зіткнулися авіалайнери Douglas DC-7 авіакомпанії United Air Lines та Lockheed L-1049 авіакомпанії Trans World Airlines (TWA). Причиною інциденту стали недостатня комунікація з авіадиспетчерами, політ у повітряному просторі за правилами візуальних польотів (ПВП) та відсутність допоміжних систем на борту літаків.
- Катастрофа викликала значний резонанс, що призвело до змін в організації управління повітряним рухом і створення уніфікованої системи попередження зіткнень у повітрі. Пізніше сталася ще одна катастрофа, після якої було введено вимогу обладнання всіх реактивних літаків системою TCAS, а легкомоторних літаків - системою Mode C.
- У 1996 році TCAS став обов'язковою вимогою в Індії після чергової жахливої катастрофи.
- У 2002 році сталися зміни у вимогах до розуміння команд TCAS RA. Після катастрофи над Überlingen, у процедурах ICAO стало обов'язковим виконання команд TCAS у випадку RA.

Як ми бачимо, на жаль, в авіації відбуваються зміни після страшних авіакатастроф, тому я хотів би запропонувати деякі кроки, щоб в майбутньому таких катастроф було менше

3.6 Рекомендації щодо покращення систем контролю польоту

Поліпшення систем контролю польоту літака може включати кілька аспектів, від вдосконалення технологій до оптимізації процедур. Ось кілька рекомендацій які б я міг надати спираючись на свій огляд цих систем:

Технологічні вдосконалення:

1. Інтеграція авіоніки нового покоління:

- Використання сучасних бортових комп'ютерів з вищою обчислювальною потужністю.
- Вдосконалення систем управління польотом (Flight Management Systems, FMS) з більш точними і адаптивними алгоритмами.

2. Покращення сенсорних систем:

- Встановлення більш точних GPS-систем та інерціальних навігаційних систем (INS).
- Використання вдосконалених датчиків для моніторингу стану літака та навколишнього середовища.

3. Автоматизація і штучний інтелект:

- Впровадження систем автоматичного розпізнавання та уникнення перешкод.
- Використання машинного навчання для аналізу даних польоту і прогнозування можливих несправностей.

4. Покращення систем зв'язку:

- Встановлення швидкісних каналів зв'язку між літаком і наземними службами.
- Використання технологій обміну даними в реальному часі для оперативного отримання та передачі інформації.

Процедурні вдосконалення такі як:

1. Тренування екіпажу:

- Регулярні тренінги та симуляції для пілотів з використанням новітніх технологій.
- Підвищення рівня підготовки в екстремальних ситуаціях та аварійних умовах.

2. Оптимізація маршрутів:

- Використання сучасних систем планування польотів для визначення оптимальних маршрутів з урахуванням метеорологічних умов та трафіку.

3. Моніторинг і технічне обслуговування:

- Впровадження програм проєктивного технічного обслуговування, які базуються на аналізі даних про стан літака.
- Регулярні перевірки і тестування систем контролю польоту.

4. Безпека та кібербезпека:

- Посилення заходів з кібербезпеки для захисту бортових систем від можливих кібератак.
- Встановлення резервних систем для забезпечення безпеки у випадку відмови основних систем.

Впровадження цих рекомендацій допоможе значно покращити надійність та ефективність систем контролю польоту, що в свою чергу підвищить безпеку польотів і зменшить ризики.

Висновки

Особливе місце в авіаційній транспортній системі посідає система забезпечення безпеки польотів, ефективність діяльності якої є неодмінною умовою її успішного функціонування. Тому в цій дипломній роботі основними аспектами, розглянутими в дослідженні, були класифікація та характеристика технічних засобів забезпечення безпеки польотів (ЗЗБП), детальний аналіз різних систем контролю критичних режимів, а також оцінка їх ефективності на основі практичних випадків з авіаційної галузі.

Основні висновки дослідження включають:

- Автоматизація процесів контролю: Використання автоматизованих систем попередження та корекції критичних режимів польоту значно знижує ризик людських помилок та сприяє своєчасному виявленню та запобіганню потенційним аваріям.
- Інтегровані комплексні системи управління: Застосування інтегрованих систем управління дозволяє забезпечити високу надійність та ефективність контролю польотів, що, в свою чергу, підвищує загальний рівень безпеки польотів.
- Точність та швидкодія систем: Забезпечення високої точності та швидкодії систем контролю є критично важливим для своєчасного реагування на зміну польотних параметрів, що дозволяє зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

- Економічна доцільність: Розробка та впровадження засобів забезпечення безпеки польотів мають бути економічно обґрунтованими для забезпечення їх широкого використання на борту літаків.
- Регулярний аналіз та оновлення: Регулярний аналіз ефективності існуючих систем контролю та їхнє оновлення на основі нових даних і інцидентів у авіаційній практиці є необхідним для підтримання високого рівня безпеки польотів.

Тому на основі проведеного дослідження було зроблено висновок, що ефективність засобів контролю критичних режимів польоту значно підвищує безпеку польотів. Це досягається завдяки автоматизації процесів, що дозволяє зменшити ризик людської помилки, своєчасній сигналізації про критичні режими та автоматичному втручанню для запобігання аваріям.

Тому покращення систем контролю польоту , впровадження новітніх технологій для підвищення точності, покращення надійності та автоматизації процесів, а також регулярний аналіз та оновлення існуючих систем на основі нових даних та інцидентів в авіаційній практиці .Є обов'язковим для розвитку безпеки польоту

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Технические средства обеспечения безопасности полетов: Методические указания / А.В. Залевский, А.В. Жибров. – Кировоград: КЛА НАУ, 2012. – 56 с
- 2 П.С. Котенко "Бортовые комплексы навигации и самолётовождения-48 с
- 3 Особенности полета самолета на больших углах атаки :Статья /М.Г.Ефимова,И.А КУБАКОВ,А.В,НАЙДЮК-2с
- 5 Fault Tolerant Control with Sliding Mode for Sensor Failure of Aero-engine/ Xinyu Fan, Lingfei Xiao, Runze Ding, Yanbin Du/ Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, 210016, China -8 с
- 6 Аэродинамика и динамика полета : Николаев Л.Ф., Дмитриев О.Н.
Аэродинамика и динамика полета. Раздел
„Динамика полета” Зачетный модуль 3. Устойчивость и управляемость самолета.
Методические рекомендации к самостоятельной работе курсантов специальности
.100108 Эксплуатация летательных аппаратов, квалификация – пилот. -
Кировоград: ГЛАУ, 2009 - 37с
- 7 Котик М.Г., Филиппов В.В. Полет на предельных режимах. — .: Воениздат, 1977. — 239 с

8 Практическая аэродинамика маневренных самолетов. Учебник для летного состава Автор: Алтухов В. А. , Брага В. Г., Бутенко Г. Ф. , Лысенко Н. М. (ред.), Манучаров А. А. , Микоян С. А. , Нечаев Ю. Н. , Радченко М. И. , Сивков Г. Ф.
Издательство: Воениздат Год издания: 1977 Страниц: 439

9 Лысенко Н.М. (ред.) Аэродинамика и динамика полета маневренных самолетов