

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інститут аеронавігації
Кафедра аеронавігаційних систем

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
проф. Харченко В.П.

«___»_____2011 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ
“МАГІСТР”

Тема: Інтегрована бортова система попередження небезпечних ситуацій

Виконавець

Федоріна Любов Миколаївна

Керівник

к.т.н., доцент кафедри АНС

Остроумов Іван Вікторович

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»

Гай Анжела Євгеніївна

«Охорона праці»

д.т.н., професор

Барабаш Олег Володимирович

Нормоконтролер

к.т.н., доцент кафедри АНС

Остроумов Іван Вікторович

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інститут аеронавігації
Кафедра аеронавігаційних систем
Спеціальність 8.100118 «Системи аеронавігаційного обслуговування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
проф. Харченко В.П.
.....
«...».....2011 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Федоріної Любові Миколаївни

1. Тема дипломної роботи «Інтегрована бортова система попередження небезпечних ситуацій» затвержена наказом ректора від «16» вересня 2010 р. №2363/ст.
2. Термін виконання роботи: з 01.09.2010р. по 01.02.2011р.
3. Вихідні дані до роботи: Розробляється згідно з сучасними вимогами до систем попередження зіткнень.
4. Зміст пояснювальної записки: 1.Аналіз нормативної документації. 2.Загальна характеристика і принцип дії бортових систем попередження зіткнень. 3.Опис і принцип роботи системи попередження зіткнень 4. Розробка та обґрунтування інтегрованої системи попередження зіткнень літаків 5. Розробка і опис алгоритму попередження зіткнень повітряних суден.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: Структурна схема інтегрованої БСПЗ; Алгоритм розв'язання конфліктних ситуацій.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Підготовка та написання 1 розділу	01.09.2010 – 15.09.2010	виконано
2.	Підготовка та написання 2 розділу	16.09.2010 – 03.10.2010	виконано
3.	Підготовка та написання 3 розділу	04.10.2010 – 01.11.2010	виконано
4.	Підготовка та написання 4 розділу	02.11.2010 – 20.12.2010	виконано
5.	Підготовка та написання 5 розділу	21.12.2010 – 10.01.2011	виконано
6.	Оформлення та друк пояснювальної записки	11.01.2011 – 25.01.2011	виконано
7.	Підготовка презентації та доповіді	26.01.2011 – 01.02.2011	виконано

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	доцент Гай Анжела Євгеніївна	16.11.2010 р.	18.11.2010 р.
Охорона праці	професор Барабаш Олег Володимирович	17.11.2010 р.	24.12.2010 р.

8. Дата видачі завдання «01» _вересня 2010 р_

Керівник дипломної роботи _____ І.В. Остроумов

Завдання прийняв до виконання _____ Л.М. Федоріна

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи "Інтегрована бортова система попередження небезпечних ситуацій": 113 с., рис. 26, табл. 4, додаток 1, 63 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – аеронавігаційна система соціотехнічного типу.

Мета роботи – розробка структурної схеми інтегрованої системи попередження зіткнень небезпечних ситуацій та раннього попередження наближення землі відповідно до поставлених вимог Євроконтролю. Розробка та аналіз алгоритмів роботи системи. Проведення досліджень принципів побудови зон спрацьовування сигналізації у режимах попередження та провадження сучасних методів раннього попередження наближення землі за допомогою інформаційних баз даних.

Встановлено, що розроблена інтегрована бортова система попередження зіткнень небезпечних ситуацій зменшує кількість обладнання на борту літака і водночас є більш ефективною порівняно з існуючими системами, оскільки використовує інформацію від групи бортових датчиків розташованих на борту літака. Як результат розроблена система повинна істотно підвищити безпеку польотів.

Результат дипломної роботи рекомендовано використовувати (інтегровану систему попередження зіткнення небезпечних ситуацій) при вдосконаленні та розробці навігаційного обладнання повітряних суден цивільної авіації.

ІНТЕГРОВАНА БОРТОВА СИСТЕМА ПОПЕРЕДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ, БОРТОВИЙ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС, КОНФЛІКТНА СИТУАЦІЯ, РАННЄ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАБЛИЖЕННЯ ЗЕМЛІ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ I АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.....	13
1.1. Основні нормативні документи	13
1.2. Основні вимоги до СПЗ по ІСАО	13
1.3. Загальні положення, вимоги і рекомендації ІСАО стосовно БСПЗ.....	15
Висновки	21
РОЗДІЛ II АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ПОПЕРЕДЖЕННЯ	
ЗІТКНЕНЬ ПК	22
2.1. Основні особливості БСПЗ.....	22
2.2. Класифікація СПЗ	24
2.3 Аналіз та принцип дії системи TCAS II.....	27
2.4. Система попереджень зіткнень з земною поверхнею та принцип її дії	38
Висновки	61
РОЗДІЛ III СТРУКТУРНА СХЕМА ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ	63
3.1. Мета та завдання інтегрованої системи	63
3.2. Основні технічні характеристики інтегрованої БСПЗ.....	64
3.3. Умови експлуатації	64
3.4. Обґрунтування структурної схеми	65
3.5 Система автоматичного управління САУ	69
3.6. Концепція ADS-B.....	72
3.7 Алгоритм роботи інтегрованої системи.....	78
Висновки	81
РОЗДІЛ IV ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	82
4.1. Аналіз екологічної небезпеки спроектованого об'єкта.....	82
4.2. Джерела випромінювання і його вплив на людину	82
4.3. Захист від електромагнітних випромінювань	84
4.4. Засоби індивідуального захисту	86

Висновки	87
РОЗДІЛ V ОХОРОНА ПРАЦІ	89
5.1 Загальні відомості	89
5.2. Перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів діючих на інженера-програміста при технічній експлуатації об'єкта розробки	90
5.3. Технічні заходи, що виключають або обмежують вплив на технічний персонал небезпечних і шкідливих виробничих факторів	96
5.4. Забезпечення пожежної й вибухової безпеки при роботі з ПЕОМ.....	97
5.5. Інструкція з техніки безпеки, пожежної й вибухової безпеки	99
Висновки	103
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	105
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА.....	107
<i>Додаток Текст комп'ютерної програми моделювання роботи системи попередження зіткнень</i>	<i>113</i>

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АС	Аварійна ситуація
БСПЗ	Бортова система попередження зіткнень
БСТО	Бортова система технічного обслуговування
ВОРЛ	Вторинний оглядовий радіолокатор
ВПС	Взлітно-посадкова смуга
ВСК	Вбудована система контролю
ВЧ	Високі частоти
ЕМП	Електромагнітні поля
ЕПП	Елемент підстилаючої поверхні
ЗПС	Злітно-посадочна смуга
КПР	Керування повітряним рухом
КС	Катастрофічна ситуація
НВЧ	Надвисокі частоти
ПЕОМ	Персональна електронно обчислювальна машина
ПЗВ	Предчасне зниження висоти
ПК	Повітряний корабель
ПП	Підстилаюча поверхня
ПР	Повітряний рух
РПНЗ	Раннє попередження наближення землі
СНС	Супутникова навігаційна система
СПЗ	Система попередження зіткнень
СПНЗ	Система попередження наближення землі
СРПНЗ	Система раннього попередження наближення землі
СС	Складна ситуація
ТЗ	Технічні засоби
УВЧ	Ультрависокі частоти
УПР	Управління повітряним рухом

УУП	Ускладнення умов польоту
ФАУ	Федеральне авіаційне управління
FAA	USM – <i>Federal Aviation Administration of the United States</i> - Федеральна авіаційна адміністрація Сполучених Штатів
FL	<i>Flight level</i> (Ешелон польоту)
GPWS	<i>Ground Proximity Warning System</i> - Система попередження зіткнень наближення землі
ICAO	<i>International civil aviation organization</i> (Міжнародна організація цивільної авіації)
MATLAB	<i>Matrix laboratory</i> (назва спеціалізованого програмного забезпечення для комп'ютера, що використовується для моделювання фізичних процесів)
RVSM	<i>Reduced vertical separation minimum</i> (Скорочений мінімум вертикального ешелонування)
TAWS	<i>Terrain Awareness and Warning System</i> - Система раннього попередження наближення землі
TCAS	<i>Traffic Collision Avoidance System</i> – Система запобігання
CEI	Система електронної індикації

ВСТУП

Актуальність теми. Наявність істотної специфіки в роботі повітряного транспорту змушує постійно удосконалювати усі системи, що забезпечують його функціонування.

Одним з найважливіших напрямків діяльності всіх систем і служб цивільної авіації є забезпечення безпеки польотів, особливо в умовах росту інтенсивності повітряного руху. У зв'язку із збільшенням обсягу авіаперевезень та збільшенням кількості літаків, що знаходяться в повітрі, склалася ситуація, при якій ручні методи керування з використанням окремих радіотехнічних засобів виявилися неефективними.

На даний час завантаженість авіаліній постійно збільшується, у той час як можливості системи аеропортів розвиваються набагато повільніше.

За останні роки кількість пасажирів невинно зростає.

На сьогоднішній день аерокосмічна система функціонує майже на максимумі своїх можливостей. Підвищена інтенсивність руху в повітряному просторі приводить до того, що використовувані в роботі керування повітряним рухом (КПР) методи не відповідають вимогам економічності виконання польотів.

Швидко змінювана економічна ситуація у світі, невинний ріст конкуренції на ринку повітряних перевезень змушують шукати шляхи підвищення ефективності використання авіаційного транспорту. Результати всебічних досліджень вказують на величезні резерви, що можна реалізувати при більш раціональній побудові системи КПР, основним завданням якої є підвищення економічної ефективності і безпеки польотів та надання учасникам повітряного руху більшої самостійності у виборі оптимальних режимів польоту.

Однією з найважливіших проблем безпеки польоту є проблема попередження зіткнень літаків у повітрі та з наземними перешкодами. При цьому розрізняють два поняття: небезпечне зближення і зіткнення ПК. Під

небезпечним зближенням ПК розуміють ситуацію, при якій ПК зближуються на мінімальну відстань, при якій ще можливо запобігти зіткненню шляхом виконання маневру відхилення. Під зіткненням розуміють ситуацію, при якій ПК зблизилися на відстань, рівну або меншу відстані безпечної розбіжності, що визначає деякий обсяг повітряного простору навколо кожного ПК, у який не повинне потрапляти інше ПК, щоб уникнути можливого зіткнення. Обсяг безпеки визначається геометричними і тактико-технічними характеристиками ПК, аеродинамічними умовами польоту і т.п.

Більшість зіткнень ПК відбувається на малих висотах на трасах, що проходять поза радіолокаційним полем, а також на межах взаємодіючих систем. Аналіз небезпечних зближень ПК вказує на те, що візуальні методи, використовувані при літаководінні, не забезпечують необхідної безпеки польоту, тому що навіть при дуже чудовій видимості пілоти в ряді випадків виявляють зустрічний літак, коли часу на виконання маневру відхилення вже залишається недостатньо.

Ще однією з причин зіткнень ПК у повітряному просторі є наявність відхилень літаководіння. Значним джерелом відхилень є погрішності зумовлені помилками навігаційних пристроїв і диспетчерів.

Для зменшення ризику зіткнень ПК необхідно розробляти нові і удосконалювати існуючі системи попередження зіткнень(СПЗ), а також інтегрувати її з іншими навігаційними системами ПК. Для допомоги у вирішенні поставлених проблем рекомендується використовувати інтегровану бортову систему попередження зіткнень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана поряд з фундаментальними науково-дослідними роботами Національного авіаційного університету та провідної європейської організації з питань безпеки повітряного руху – Євроконтролю.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка структурної схеми інтегрованої системи попередження зіткнень небезпечних ситуацій та раннього попередження наближення землі відповідно до поставлених вимог Євроконтролю.

Для досягнення мети роботи поставлено та розв'язано такі ієрархічно взаємопов'язані завдання:

- проаналізувати методи та існуючі бортові системи попередження небезпечних зближень (БСПЗ) літаків у повітрі та системи раннього попередження наближення земної поверхні;
- класифікувати БСПЗ, виділити їх основні переваги та недоліки;
- розробити структурну схему інтегрованої системи попередження небезпечних ситуацій з видачею керуючих повідомлень на систему автоматичного пілотування літака;
- розробити алгоритм розв'язання конфліктних ситуацій;
- проаналізувати вплив випромінювань на навколишнє середовище та роботу користувача комп'ютера. Запропонувати профілактичні заходи.

Об'єктом дослідження є аеронавігаційна система соціотехнічного типу.

Предметом дослідження являється інтеграція бортового обладнання ПК.

Методи дослідження. В дипломній роботі використані методи теорії імовірності та імітаційного моделювання сучасних систем авіоніки з використанням комп'ютерної техніки.

Новизна одержаних результатів дослідження.

Розроблено новий принцип інтеграції основних навігаційних систем попередження зіткнень у повітрі та з наземними перешкодами, крім того розроблено шляхи видачі керуючих повідомлень на систему автоматичного пілотування ПК та сигналізація про вирішення конфліктної ситуації диспетчеру КНР.

Практичне значення одержаних результатів.

Основні результати роботи становлять науково-методологічну основу для створення сучасних систем попередження зіткнень ПК та дозволяють розв'язувати такі завдання:

- інтеграції основних систем попередження небезпечних ситуацій та системи автоматичного пілотування;

- дозволяє вирішувати спільні конфліктні ситуації для БСПЗ та системи попередження зіткнень з наземною поверхнею.

Апробація результатів атестаційної роботи. Результати роботи обговорювалися на Міжнародній науково-технічній конференції студентів та молодих вчених «Політ-2010» (Київ, НАУ).

РОЗДІЛ I

АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

1.1. Основні нормативні документи

Розроблено ряд нормативних документів, у яких викладені вимоги і рекомендації як до БСПЗ у повітрі, так і до систем раннього попередження наближення землі(СРПНЗ). Основними нормативними документами в області попередження зіткнень є «Международные стандарты и рекомендуемая практика. Авиационная электросвязь : Приложение № 10 к конвенции о международной гражданской авиации. Том IV. Системы обзорной радиолокации и предупреждений столкновений. - ИКАО, 1995, 208 стр.» та «Нормы летной годности самолетов транспортной категории» (АП – 25), приложение F «Оборудование»[34] Режими роботи системи попередження наближення до землі описані в DO-161a і вимагаються TSO-C151a. У складі пілотажно-навігаційного комплексу (ARINC 700) СРПНЗ повинна відповідати ARINC 706 [35].

Зв'язок і взаємодія з бортовим устаткуванням повинна здійснюватися в цифровому вигляді відповідно до протоколу ARINC 429.

Стандарти на інформаційні бази даних аеродромів, штучних перешкод та рельєфу визначаються ARINC 424. Рекомендації щодо вбудованої системи контролю визначаються ARINC 602.

1.2. Основні вимоги до СПЗ по ІКАО

На сьомій аеронавігаційній конференції міжнародної організації цивільної авіації були вироблені вимоги до СПЗ. Основні з них наступні:

– Повна сумісність СПЗ із системою КНР і забезпечення автоматичним попередженням диспетчерів КНР про маневри, виконувані ПК відповідно до команд СПЗ;

- СПЗ повинна бути придатна для установки на всіх класах ПК, економічна і практична, тобто системи, що вимірюють різні характеристики на різних класах ПК, повинні бути сумісні;

- У разі виникнення загрози зіткнення СПЗ повинна сигналізувати пілотові про загрозу зіткнення і указувати маневр на запобігання зіткнення;

- команди СПЗ на маневри відхилення від зіткнення повинні бути сумісні з характеристиками ПК на всіх етапах польоту й подаватися в реальному масштабі часу; бортовий індикатор попередження зіткнень повинен сигналізувати пілотові про знаходження інших ПК у небезпечній близькості; він також може забезпечити пілота інформацією про відносне положення інших ПК, щоб допомогти йому візуально визначити їхнє місцезнаходження;

- маневри по командах СПЗ не повинні допускати зменшення ешелонування між ПК;

- дані по маневруванню, що поступають від СПЗ, повинні безперервно враховувати траєкторію польоту конфліктуєчого ПК; логіка СПЗ не повинна бути розрахована на те, що конфліктуєчому ПК необхідно самостійно розпочати допоміжні маневри по усуненню зіткнення, і повинна бути розрахована на велику кількість конфліктів;

- СПЗ не повинна бути джерелом радіоперешкод при роботі інших систем;

- система повинна забезпечувати попередження зіткнень при одночасному знаходженні великої кількості ПК у межах радіуса дії і забезпечувати відсутність насичення робочих частот [1];

- СПЗ повинна бути працездатна при будь-яких метеорологічних умовах. Індикатор попередження зіткнень є системою, що полегшує пілотові візуальне визначення місця розташування іншого ПК. Прилад повинен мати наступні характеристики:

- задовільно працювати при будь-яких метеорологічних умовах, що дозволяють пілотові покладатися на візуальне виявлення для усунення зіткнення;

- поряд з попередженням про близькість конфліктуючого ПК індикатор повинен забезпечувати пілота додатковою інформацією про його положення по висоті й пеленгу, що дуже важливо для візуального виявлення конфліктуючого ПК;
- індикатор повинен бути сумісним з СПЗ;
- конструкція індикатора повинна передбачати можливість поліпшення його характеристик за допомогою використання додаткових блоків;
- індикатори, що використовуються в інших радіосистемах, наприклад, в системах вторинної радіолокації, не повинні викликати погіршення характеристик цих систем.

1.3. Загальні положення, вимоги і рекомендації ІКАО стосовно БСПЗ

БСПЗ – призначена для роботи в автономному режимі, незалежно від бортового навігаційного обладнання та наземних систем, які використовуються для обслуговування повітряного руху [4].

БСПЗ – бортова система ґрунтується на використанні сигналів прийомовідповідача вторинного оглядового радіолокатора (ВОРЛ), що функціонує незалежно від наземного устаткування і надає пілотові інформацію про конфліктну ситуацію, яку можуть створити ПК, оснащені прийомовідповідачами ВОРЛ.

Нижче приведена класифікація БСПЗ.

Найбільш поширеною БСПЗ є система TCAS (США) (Threat Alert and Collision Avoidance System - система сигналізації про погрозу зіткнень і запобігання їм). Це підсумок більш ніж тридцятирічної роботи авіаційних фахівців з розробки життєздатної БСПЗ, що доповнює наземну систему КПР.

Концепція TCAS поєднує в собі ряд систем з різними можливостями за рішенням завдань попередження зіткнень:

- система TCAS I забезпечує пілота консультативною інформацією про навколишні ПК (азимут, дальність, відносна висота польоту) і допомагає йому візуально виявляти загрозове ПК, тобто, це – БСПЗ, інформація від якої спонукає до дії «бачу-уникаю», але не має у своєму розпорядженні можливості

генерації рекомендацій щодо уникнення загрози зіткнення (RA) (не призначена для міжнародного впровадження і стандартизації ICAO);

- система TCAS II – БСПЗ, що на додаток до консультативної інформації про повітряний рух (TA) надає рекомендації щодо уникнення загрози зіткнення (RA) у вертикальній площині.

- система TCAS III формує командну інформацію на виконання маневрів відхилення у вертикальній і в горизонтальній площинах.

Основні функції БСПЗ I:

- спостереження за ПК, що знаходяться поблизу і обладнаними прийомовідповідачами ВОРЛ;

- надання екіпажу інформації приблизного місця розташування інших ПК, що допомагає візуальній оцінці ситуації.

Основні функції БСПЗ II:

- спостереження (оцінка розташування власного ПК і спостереження за іншими ПК);

- вироблення ТА (перевірка дальності і перевірка абсолютної висоти);

- виявлення загрози (перевірка дальності і перевірка абсолютної висоти);

- вироблення RA (оцінка і вибір рекомендацій);

- координація і зв'язок (іншими БСПЗ ПК і з наземними станціями).

Причому перші п'ять функцій БСПЗ виконує при кожному робочому циклі, тривалість якого не перевищує 1,2 с.

БСПЗ забезпечує запит до прийомовідповідачів режиму A/C і режиму S ВОРЛ інших ПК і виділяє їхні відповіді. БСПЗ визначає дальність і відносний пеленг іншого ПК. Використовуючи результати цих вимірів і інформацію, що зберігається у відповідях прийомовідповідачів, БСПЗ оцінює відносне місце розташування кожного з інших ПК [10]. БСПЗ визначає траєкторії ПК з прийомовідповідачами, при цьому ймовірність визначення цих траєкторій за 30

РОЗДІЛ III

СТРУКТУРНА СХЕМА ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Мета та завдання інтегрованої системи

Метою створення інтегрованої БСПЗ є підвищення безпеки повітряного руху за рахунок інтеграції двох функцій: попередження виникнення небезпечних ситуацій у повітряному просторі між декількома ПК або наземною поверхнею, а також надання консультативної інформації пілотові для розв'язання конфліктних ситуацій. Передбачається, що дана інтегрована БСПЗ дозволить більш точно та ефективніше витримувати необхідну траєкторію руху для розв'язання конфліктних ситуацій.

Система забезпечує вирішення наступних завдань:

- 1) при попередженні зіткнень між ПК:
 - відображення оперативної повітряної обстановки;
 - прийом інформації від бортових систем інших ПК;
 - визначення дальності, висоти й азимута інших ПК, обладнаних відповідачами режиму S, відносно місцезнаходження власного ПК;
 - неперервне вимірювання траєкторій руху цих ПК з метою визначення, чи становлять вони потенційну небезпеку;
 - система визначає потенційно конфліктні ситуації і може видавати рекомендації по їх уникненню;
 - відображення інформації про ПК, необладнані відповідачами режиму S;
- 2) при попередженні зіткнень з землею:
 - прийом інформації від бортових систем і пристроїв ПК;
 - обробка прийнятих даних;
 - порівняння контрольованих параметрів із межами сигналізації режимів стандартної системи СПНЗ, а також режимів раннього попередження;
 - відображення на індикаторі земної поверхні з кольоровою градацією небезпечних зон;
 - видача відповідної сигналізації на дисплей пілота;

- формування інформації про особливості рельєфу для відображення на графічному дисплеї;

- формування відліку польоту заданих висот 300, 150, 100, 60, 30, 20, 15, 10, 5 і 3 м (від РВ) у вигляді мовної інформації;

3) при відображенні параметрів польоту ПК.

3.2. Основні технічні характеристики інтегрованої БСПЗ

Враховуючи нормативні документи (наведені у розділі 1.1.) БСПЗ повинна мати такі технічні характеристики:

- кількість відслідковуючих ПК – 50 шт.;
- максимальна горизонтальна швидкість зближення - 1200 вузлів;
- максимальна вертикальна швидкість зближення - 10,000 футів за хвилину;
- сигнал запиту випромінюється на частоті – 1090 МГц;
- сигнал відповіді випромінюється на частоті - 1030 МГц;
- дальність дії БСПЗ – 20 км;
- система повинна функціонувати в будь-який час доби і року в простих і складних метеоумовах у різних географічних широтах, у тому числі над гірськими масивами і водними поверхнями;
- час готовності після перебою живлення не більш 10 с;
- час неспинної роботи системи не менш 24 год;
- термін наробітку до відмовлення не менш 10 000 год;
- БСПЗ є споживачем 2 категорії, що визначено . Електроживлення системи здійснюється від бортової мережі постійного струму номінальною напругою 27 В. Потужність, споживана системою від бортової мережі не перевищує 15 Вт.

3.3. Умови експлуатації

Умови експлуатації, у яких система повинна зберігати працездатність:

- ударне навантаження - до 6,0g;
- лінійне прискорення - до 5g;
- атмосферний тиск - от 12 до 170 кПа (от 90 до 1270 мм.рт.ст);
- робоча підвищена температура -328K (55°C);

- робоча знижена температура - 218К (мінус 55°C);
- короткочасна робоча підвищена температура - 343К (70°C);
- гранична підвищена температура - 358К (85°C);
- гранична знижена температура - 213К (мінус 60°C);
- відносна вологість - не більше 98% при температурі навколишнього середовища не менше 35°C (308К);
- соляний туман;
- пил, пісок.

3.4. Обґрунтування структурної схеми

Процес функціонування БСПЗ відбувається в такий спосіб:

Система TCAS II формує сигнали запиту та випромінює їх через верхню та нижню антени. Сигнали запиту приймаються літаковим відповідачем. інших ПК, що знаходяться в межах зони дії системи TCAS II. Літаковий відповідач через певний час формує сигнал відповіді в якому міститься ця інформація щодо власного положення. Сформований сигнал випромінюється та приймається спрямованою антеною TCAS II. Система оцінює пеленг літака та похилу відстань до нього (за часом проходження сигналу).

За результатами аналізу отриманих даних TCAS II оцінює потенційну можливість небезпечного зближення з іншими ПК. У випадку виявлення конфліктної ситуації TCAS II обох літаків починають активно обмінюватися інформацією та обирають безпечну траєкторію розходження ПК у вертикальній площині.

TAWS на основі координат місцеположення ПК отриманих від GNSS через інформаційну систему та абсолютної висоти польоту (отриманої від радіовисотоміра) оцінює загрозу зіткнення з земною поверхнею. Крім того оцінюються навігаційні параметри пов'язані з висотою польоту, вихід за допустимі межі яких сигналізується. Для аналізу використовується електронна база даних рельєфу місцевості з мапою штучних споруд.

Попередження щодо можливості виникнення конфліктної ситуації у повітрі від TCAS II та зіткнення з земною поверхнею від TAWS відображаються через систему електронної індикації літака – пілота.

Кожен сучасний літак має бути обладнаний системами ADS-B. Це обладнання через певний проміжок часу випромінює інформацію щодо місцеположення ПК та його характеристики. Обладнання ADS-B дозволяє точно визначити місцеположення всіх ПК навколо. Ця інформація є дуже важливою для системи TCAS II. У випадку виявлення будь-якої конфліктної ситуації обладнання ADS-B повідомляє про неї за допомогою відповідного спеціального коду.

Під час польоту за маршрутом зазвичай ПК керується за допомогою системи автоматичного управління польотом. Після зльоту пілот вмикає автопілот, який витримує задану заздалегідь траєкторію польоту. САУ польотом забезпечує керування польотом за допомогою регулювання кутів крену, тангажу та курсу для дотримання заданих параметрів польоту через систему керування літаком.

У випадку виникнення якоїсь складної польотної ситуації автопілот вимикається і політ продовжується в ручному режимі.

У складних ситуаціях (наприклад при виявленні небезпечного зближення ПК чи польоту у гірській місцевості на низькій висоті) кожна хвилина впливає на безпеку усього повітряного руху. Відповідно до цього доцільно забезпечити виконання керуючих повідомлень TCAS II та TAWS автопілотом. При цьому забезпечується керування лише у вертикальній площині. Це дозволить уникнути конфліктної ситуації на самому початку її зародження.

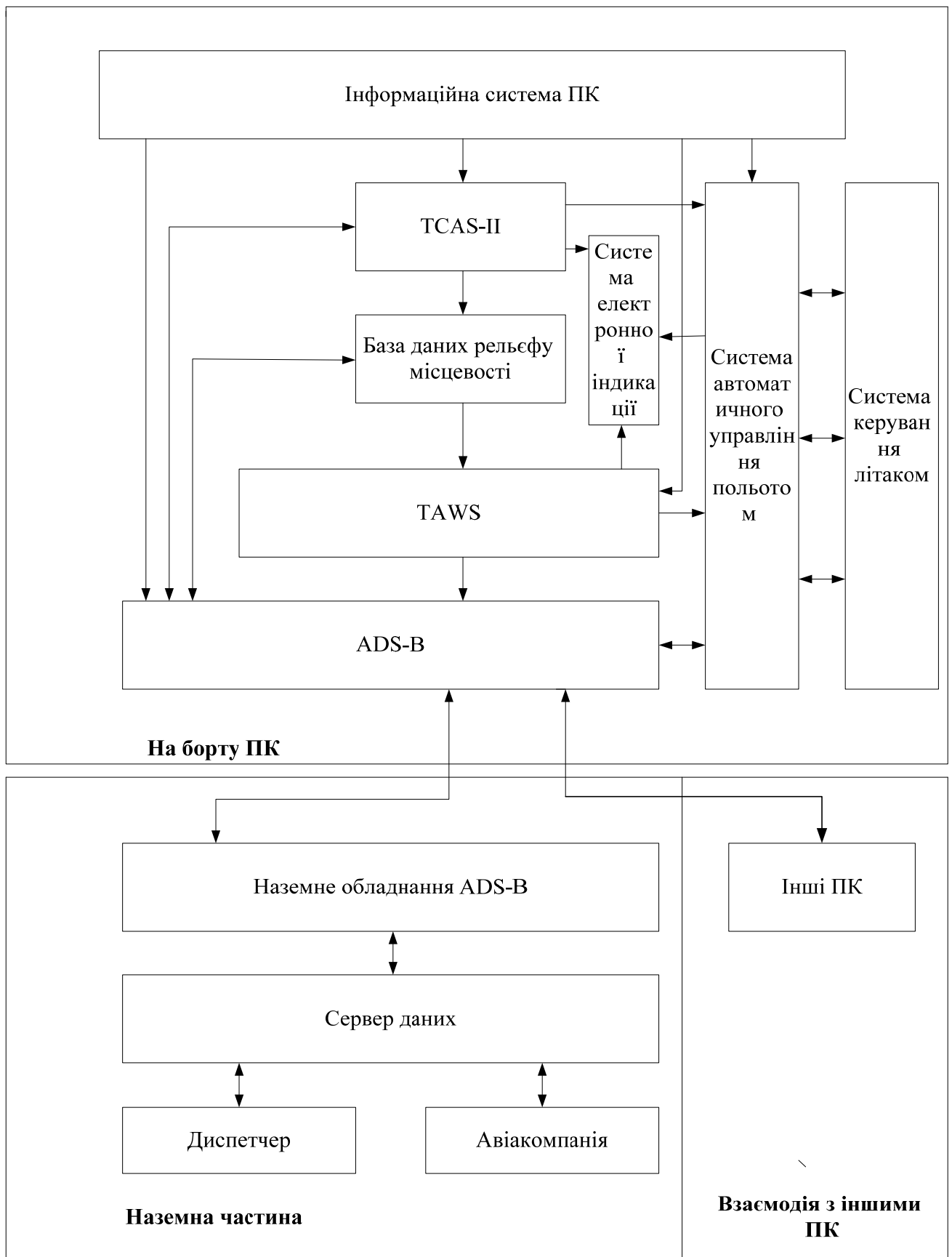


Рисунок 3.1 – Структурна схема інтегрованої системи попередження зіткнень небезпечних ситуацій

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В рамках даної дипломної роботи розглянуті основні особливості та принципи побудови інтегрованої бортової системи попередження зіткнень ПК, відповідно до міжнародних вимог ІСАО та Євроконтролю.

Крім того виконано аналіз існуючих методів та систем попередження небезпечних ситуацій у повітрі – системи попередження небезпечних зближень літаків у повітрі та системи раннього попередження наближення земної поверхні.

Розроблено структурну схему інтегрованої бортової системи попередження небезпечних ситуацій, завдяки інтеграції двох найважливіших функцій: попередження зіткнень між ПК у повітряному просторі та раннього попередження наближення землі, з видачею керуючих повідомлень на систему автоматичного пілотування літака. Розглянуті питання автоматичного сповіщення про наявність та вирішення конфліктної ситуації диспетчеру КПП, через обладнання автоматичного залежного спостереження, що відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки авіаперевезень у цілому.

З метою забезпечення зменшення ризику зіткнень під час виникнення конфліктних ситуацій, при невпинному зростанні інтенсивності повітряного руху, необхідно підвищувати надійність систем навігації і систем керування повітряним рухом шляхом інтегрування основних навігаційних систем.

Збираючи інформацію від групи датчиків, розташованих на ПК, система визначає своє розташування у просторі, а також повну інформацію про повітряну обстановку навколо ПК. Система працює автономно і самостійно здійснює контроль працездатності, а в разі потреби, замінює непрацюючі пристрої іншими комплектами. Крім того розроблено алгоритм-схему функціонування розробленої системи.

Нову інтегровану систему, в основу якої покладений розроблений принцип дії, бажано реалізувати на практиці і замінити нею існуючі системи

попередження зіткнень ПК у повітрі та системи раннього попередження наближення землі.

Розроблена інтегрована система зменшує недоліки окремо взятих систем і підвищує безпеку, регулярність та економічність повітряного транспорту в умовах інтенсивного росту повітряних перевезень.

Слід відмітити, що тема дипломної роботи є досить актуальною оскільки питання, що розглядаються в ній відповідають стратегічному плану розвитку бортового електронного обладнання викладеному в «Master plan», який є складовою концепції «SESAR» (Eurocontrol).

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Айвазян С. А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. - 471 с.
2. Алешин Б. Ориентация и навигация подвижных объектов / Алешин Б., Афонин А., Времеенко К. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 424 с.
3. Безопасность полетов летательных аппаратов: (Методические основы) /А.И. Стариков, В.Я. Зачеса, Н.Н. Зинковский и др. – М.:Транспорт, 1988, 159с.
4. Безпека авіації / [В. П. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов та ін.]. –К.: Техніка, 2004. – 584 с.
5. Беляевский Л.С., Новиков В.С. Обработка и отображение радионавигационной информации. – М.: Радио и связь, 1990. – 232 с.
6. В.П. Харченко Основы теорії прийняття рішень в системі обслуговування повітряного руху / В.П. Харченко, Ю.В. Чинченко, І.В. Остроумов // Електронний підручник для ВНЗ. : - К., 2010.
7. В.П. Харченко, Д.О. Корчунов Метричний простір ситуацій повітряного руху літальних апаратів // Вісн. НАУ. – 2002. – №3. – С. 63–68.
8. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В.Мельников «Основы охраны праці», видавництво «Афіша», 2001
9. Воздушная навигация: [справочник]. – Москва: Транспорт, 1988. – 303 с.
- 10.Гагарин Ю. Е. Последовательный алгоритм распознавания объектов при стохастических исходных данных / Ю. Е. Гагарин // 11-я Всероссийская конференция Математические методы распознавания образов (ММРО-11). – Москва, 2003. - С. 49-51.
- 11.ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Введ. 01.07.84.
- 12.ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 01.01.89.

13.ГОСТ 12.1.012.-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – Введ. 01.01.91.

14.ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

15.ГОСТ 2293-93 «Охрана труда. Термины и определения».

16.ГОСТ ССБТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

17.Гофманн-Велленгоф Б. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування / Б. Гофманн-Велленгоф, К. Легат, М. Візер: [пер. з англ. за ред. Я. С. Яцківа]. – Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2006. – 443 с.

18.ДНАОП 0.00-1.31-99. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, К.: 1999 р.

19.ДСанПін 3.3.2-007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуально дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.

20.Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP/7 + Simulink 5/6. Основы применения. / В. П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800с. – (Серия «Библиотека профессионала»).

21.Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP/7 + Simulink 5/6. Основы применения. / В. П. Дьяконов. - М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 800с. - (Серия «Библиотека профессионала»).

22.Електронний навчальний комплекс з вивчення системи попередження зіткнень літаків: <http://www.ans.nau.edu.ua/tcas/>.

23.Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища Відомості Верховної Ради України (ВВРУ). - 1991, N 41.-С.546.

24.Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», 1991 року зі змінами 1994 року ВР України.

25.Закон України «Про охорону праці», нова редакція, м. Київ, від 21.11.2002 року, №229-IV.

26. Закора С. А. Аналіз методів розв'язання конфліктних ситуацій в умовах вільного польоту / С. А. Закора // Вісник НАУ. – 2005. – №1. – С.42-47.

27. Закора С.А. Аналіз методів розв'язання конфліктних ситуацій в умовах вільного польоту/ С.А. Закора // Вісн. НАУ. – 2005. - №1. – С.42-47.

28. Зубков. Б.В., Минаев Е.Р. Основы безопасности полетов: Учеб. пособие для сред. учеб. заведений. – М.: Транспорт, 1987 – 143с.

29. Керування безпекою польотів в аеронавігаційній системі. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту (роботи) для студентів спеціальностей 8.100109 (7.100109) "Обслуговування повітряного руху", 8.100118 (7.100118) "Системи аеронавігаційного обслуговування". Київ : Національний авіаційний університет, В.П. Харченко, Ю.В. Чинченко, В.М. Васильєв. 2008.

30. Конспект лекцій з предмету «основи охорони праці».

31. Конфліктні ситуації в системі управління повітряним рухом: навч. посіб. / В.П. Харченко, Г.Ф. Аргунов. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010.-172с.

32. Л.Р. Павленко «Компьютер, TV та здоров'я», видавництво «Квит», 2003.

33. Марков В.А. «Навигация на международных воздушных линиях», Кировоград 2010 г.

34. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Авиационная электросвязь: Приложение № 10 к конвенции о международной гражданской авиации. Том IV. Системы обзорной радиолокации и предупреждений столкновений. – ИКАО, 1995. – 208 с.

35. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Авиационная электросвязь: Приложение № 10 к конвенции о международной гражданской авиации. Том IV. Системы обзорной радиолокации и предупреждений столкновений. - ИКАО, 1995. - 208с.

36. Национальный план для систем CNS/ATM. Инструктивный материал. Циркуляр 278-AN164. – Канада, Монреаль, 2000. – 174 с.

37.Национальный план для систем CNS/АТМ. Инструктивный материал. Циркуляр 278-AN164. - Канада, Монреаль, 2000. - 174 с.

38.Обслуживание воздушного движения. Приложение 11 к Конвенции о международной гражданской авиации. Монреаль : ICAO, 2001.

39.Организация воздушного движения. Дос. 4444. Правила аэронавигационного обслуживания. Монреаль : ICAO, 2001.

40.Основи охорони праці. Навчальний посібник / За ред. проф. В.В.Березуцького, Х.: 2005 - 225 с.

41.Остроумов І. В. Недосконалість систем відображення повітряної обстановки навколо літака / І. В. Остроумов // АВІА-2006 : міжнародна науково-технічна конференція, 25-27 вересня 2006 р. : матеріали конференції. – К., 2006. – С. 21.29–21.32.

42.Остроумов І. В. Похибка при обчисленні ймовірності правильного розпізнавання класу повітряної ситуації / І. В. Остроумов, О. Г. Кукуш // АВІА-2007 : міжнародна науково-технічна конференція, 25-27 квітня 2007р. : матеріали конференції. – К., 2007. – С. 21.5–21.9.

43.Остроумов І. В. Проблеми використання наукоємних технологій у системах запобігання зіткнень повітряних кораблів / І. В. Остроумов // Технологические системы. – 2006. – Т. 35, № 3. – С. 35–38.

44.Офіційний сайт Federal Aviation Administration : <http://adsb.tc.faa.gov/TCAS.htm>.

45.Офіційний сайт Верховної Ради України <http://zakon.rada.gov.ua>.

46.Офіційний сайт компанії *Aerowinx* <http://aerowinx.com/html/tcas.html>.

47.Офіційний сайт компанії *Honeywell* <http://www.honeywell.com/sites/aero/TCAS.htm>.

48.Офіційний сайт компанії *ACSS Training* <http://training.acsscustomerservices.com>.

49.Офіційний сайт компанії *Aring* <http://www.arinc.com/tcas/training.html>.

50. Правила полётов и обслуживание воздушного движения. Правила аэронавигационного обслуживания. DOC 4444 – RAC / 501 / 12. – М.: МОГА, 1985. – 290 с.

51. Применение БСПС II в условиях европейского воздушного пространства. Программа ЕВРОКОНТРОЛЯ по БСПЗ – Проект «АСТОР», 21 августа 2001 г./ ЕВРОКОНТРОЛЬ. – Офиц. изд. – 2001. – 43 с.

52. Применение БСПС II в условиях европейского воздушного пространства. Программа ЕВРОКОНТРОЛЯ по БСПЗ - Проект «АСТОР», 21 августа 2001 г./ ЕВРОКОНТРОЛЬ. – Офиц. изд. - 2001. – 43 с.

53. СНиП 11-4-79. Строительные нормы и правила. Природное и искусственное освещение. - М.: Стройиздат. – 1980. – 110 с.

54. СНиП 2.04.05-91. Строительные нормы и правила. Отопление. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М: Стройиздат. – 1988. – 110 с.

55. Теоретичні засади багатоальтернативного ситуаційного моделювання та оцінки ризиків в соціотехнічних системах. Звіт по НДР, тема 493-ДБ08, за 2008р. НАУ, № держ. реєстр. 0108U004004. В. П. Харченко, В. М. Васильєв, О. Г. Кукуш, С. А. Закора, І. В. Остроумов, І. О. Гончаров, Т. М. Столярчук. – К.: НАУ, 2008. – 142 с.

56. Энциклопедия безопасности авиации / [Кулик Н.С., Харченко В. П., Луцкий М. Г. и др.]: под ред. Н. С. Кулика. – К.: Техніка, 2008. – 1000 с.

57. *Introduction to TCAS II Version 7* / Federal Aviation Administration – U.S. department of transportation – 2000. – 45p.

58. *Kuchar J. K., Yang L. C. Prototype conflict alerting logic for free flight // Proc. 35th AIAA Airspace Science Meeting & Exhibit. – 1997. – Vol. 20. – 4. – P. 768–773.*

59. *Kuchar J.K., Yang L.C. A review of conflict detection and resolution modeling methods // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2000. – Vol. 1. – 4. – P. 179–189.*

60. *Meckiff C., Gibbs P. PHARE Highly Interactive Problem Solver // Eurocontrol Experimental Centre. Report 273/94. – 1994. – P. 2–6.*

61. *Overview of ACAS II / TCAS II.* - Eurocontrol – 2009. – 32 p.
62. *Paielli R.A., Erzberger H.* Conflict probability estimation for free flight // NASA Journal of Guidance, Control and Dynamics. – 1997. – Vol. 20. – 3. – P. 588–596.
63. *Ratcliffe S.* Collision avoidance and the Future Air Traffic Control // Journal of Navigation. – 1973. – Vol. 26. – 4. – P. 423-430.
64. TCAS-4000. Traffic Alert and Collision Avoidance System. – Rockwell Collins, 2002. – 187 p.
65. *Tomlin C., Pappas G., Sastry S.* Conflict resolution for air traffic management: A study in multi-agent hybrid systems // IEEE Transactions on automatic control. – 1998. – Vol. 43. – 4. – P. 509-521.
66. *Zeghal K.* A review of different approaches based on force fields for airborne conflict resolution// Proc. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conf. – 1998. – P. 818–827.

Додаток

Текст комп'ютерної програми моделювання роботи системи попередження зіткнень

```
clear all
clc
time_crash=100
speed=400
speed=speed*1000/3600
myh=5100
h=5200
for i=1:100
    t(i)=i
    time(i)= time_crash-t(i)
    distance(i)=speed*time(i)
    if i==1
        deltah(1)=h-myh
    else
        deltah(i)=deltah(i-1)
    end
    if time(i)>=45 && time(i)<60
        comand(i)=1
    elseif time(i)>=30 && time(i)<45
        comand(i)=2
    elseif time(i)>=0.8 && time(i)<30
        comand(i)=3
        deltah(i)=deltah(i)+7
    else
        comand(i)=0
    end
end
subplot(4,1,1);plot(time)
xlabel('time (sec)')
ylabel('time befor conflict (sec)')
subplot(4,1,2);plot(distance)
xlabel('time (sec)')
ylabel('range (m)')
subplot(4,1,3);stairs(comand)
xlabel('time (sec)')
ylabel('Number of TCAS mode')
subplot(4,1,4);plot(deltah)
xlabel('time (sec)')
ylabel('delta altitude (m)')
```