

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
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: Інтерактивний тренажерний комплекс системи попередження
зближень літаків**

Спеціальність 8.100118 “Системи аеронавігаційного обслуговування”

Виконавець: Столярчук Тетяна Миколаївна

Керівник: доцент, к.т.н. кафедри АНС Остроумов Іван Вікторович

Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»:

доцент, к.т.н. Гай Анжела Євгеніївна

Консультант розділу «Охорона праці»:

д.т.н., професор Барабаш Олег Володимирович

Нормоконтролер: доцент, к.т.н. кафедри АНС Ларін Віталій Юрійович

КИЇВ 2011

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

Столярчук Тетяни Миколаївни

1. Тема дипломної роботи **«Інтерактивний тренажерний комплекс системи попередження зближень літаків»** затверджена наказом ректора від **«02» квітня 2010 р. №868/ст**
2. Термін виконання роботи: з 01.09.2010 р. по **02.02.2011** р.
3. Вихідні дані до роботи: Документи по системі попередження зіткнення літаків.
4. Середовище розробки - Microsoft Word 2007, AdobeFlash CS4, PHP
5. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Підготовка та написання 1 розділу	01.09 – 15.09	виконано
2	Підготовка та написання 2 розділу	16.09 – 30.09	виконано
3	Підготовка та написання 3 розділу	01.10 – 30.10	виконано
4	Підготовка та написання 4 розділу	01.11 – 15.11	виконано
5	Оформлення та друк пояснювальної записки	16.11 – 19.11	виконано
6	Підготовка презентації	01.01 – 15.01	виконано
7	Підготовка доповіді	01.01 – 20.01	виконано

6. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	доцент, к.т.н. Гай Анжела Євгеніївна	16.11.2010р. _____	18.11.2011р. _____
Охорона праці	д.т.н., професор Барабаш Олег Володимирович	17.11.2010р. _____	24.12.2010р. _____

7. Дата видачі завдання: «01» вересня 2010 р.

Керівник дипломної роботи _____ Остроумов І. В.

Завдання прийняв до виконання _____ Столярчук Т. М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи магістра ” Інтерактивний тренажерний комплекс системи попередження зближень літаків ”: 112 с., 28 рис., 5 табл., 1 додаток, 35 джерел.

Об’єкт дослідження – електронний навчальний тренажерний комплекс.

Мета роботи – розробка принципів побудови, алгоритмів та програмна реалізація електронного навчального комплексу системи попередження зіткнення літаків.

Метод дослідження – імітаційне моделювання сучасних систем авіоніки з використанням комп’ютерної техніки.

На сьогоднішній день великою популярністю користуються тренажерні комплекси, що дозволяють моделювати функції певних систем. Подібні системи уявляють собою певне програмне забезпечення, що розміщується на персональному комп’ютері. За допомогою інтерфейсу програми користувач може ознайомитись з принципами роботи та певними функціями системи, дослідити функціонування у певних умовах, виконати тестування та інші завдання. При цьому у основі подібних комп’ютерних програм знаходиться математична модель певної системи відтворена подібно до реального обладнання, що застосовується на ПК.

Однією з основного пілотажно-навігаційного обладнання ПК є система попередження зіткнень повітряних кораблів (Traffic Collision Avoidance System, TCAS). На сьогоднішній день наявність TCAS II є обов’язковою на борту ПК, що виконують польоту у Європейському повітряному просторі.

ЕЛЕКТРОННИЙ ТРЕНАЖЕРНИЙ КОМПЛЕКС, СИСТЕМА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕННЯ ЛІТАКІВ, МОДЕЛЮВАННЯ, ЕЛЕКТРОННИЙ ПІДРУЧНИК, ЕЛЕКТРОННА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ПОПЕРЕДЖЕННЯ	
ЗІТКНЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН.....	14
1.1. Класифікація систем попередження зіткнень	14
1.2. Бортова система попередження зіткнення літаків	18
1.3. Принцип дії СПЗ.....	19
1.4. Повідомлення.....	21
1.5. Відображення інформації	23
1.6. Символи відображуваних на дисплеї об'єктів повітряного руху	26
Висновки	29
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ	
НАВЧАННЯ	31
2.1. Будова електронних засобів навчання	31
2.2. Переваги та недоліки електронних засобів навчання.....	35
2.3. Види навчальних систем електронних засобів навчання.....	37
2.4. Вимоги до електронних засобів навчання	39
2.5. Технологія Adobe Flash для розробки електронних засобів навчання	41
2.6. Аналіз існуючих інтерактивних тренажерів СПЗ.....	44
Висновки	47
РОЗДІЛ 3 СТРУКТУРА ІНТЕРАКТИВНОГО НАВЧАЛЬНОГО	
КОМПЛЕКСУ.....	48
3.1. Структура навчального комплексу.....	48
3.2. Система реєстрації користувачів	49
3.3. Навігаційний інтерфейс ЕНК.....	51
3.4. Система дистанційного тестування знань	52
3.5. Глосарій ЕНК.....	55
Висновки	57
РОЗДІЛ 4 ПРИНЦИП ДІЇ ІНТЕРАКТИВНОГО ТРЕНАЖЕРУ	58

4.1. Будова інтерактивного тренажеру.....	58
4.2. Моделювання повітряного руху	59
4.3. Інтерфейс електронного тренажеру	63
4.4. Моделювання логіки БСПЗ	68
4.5 Алгоритм роботи електронного тренажеру.....	73
Висновки	76

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..... 77

5.1. Основні джерела забруднення навколишнього середовища, при експлуатації комп'ютерів	77
5.2. Електромагнітні поля.....	80
5.3 Дія на організм.....	81
5.4 Профілактичні заходи.....	82
Висновки	86

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ 87

6.1. Перелік небезпечних та шкідливих факторів, що виникають під час експлуатації комп'ютера	87
6.2. Розробка технічних заходів, що знижують негативний вплив на технічний персонал	91
6.3. Заходи забезпечення пожежної і вибухової безпеки.....	93
6.4. Інструкція з техніки безпеки, пожежної й вибухової безпеки	94
Висновки	97

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... 98

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... 100

<i>Додаток А. Фрагмент коду комп'ютерної програми виконаний на мові програмування Action Script II.....</i>	<i>106</i>
---	------------

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

<i>ACSS</i>	<i>Aviation Communication and Surveillance Systems</i> (Авіаційний зв'язок та система спостереження)
<i>ATCRBS</i>	<i>Air Traffic Control Radar Beacon System</i> (радіонавігаційна система керування повітряним рухом)
<i>CA</i>	<i>Caution Area</i> (зона підвищеної уваги)
<i>EFIS</i>	<i>Electronic Flight Instrument System</i> (система електронних польотних приладів)
<i>EGNOS</i>	<i>European Geostationary Navigation Overlay Service</i> (Європейська геостаціонарна служба навігаційного покриття)
<i>GNSS</i>	<i>International Civil Aviation Organization</i> (глобальна навігаційна супутникова система)
<i>ICAO</i>	<i>International Civil Aviation Organization</i> (Міжнародна організація цивільної авіації)
<i>ND</i>	<i>Navigation Display</i> (навігаційний дисплей)
<i>RA</i>	<i>Resolution Advisory</i> (рекомендації щодо усунення конфліктної ситуації)
<i>TA</i>	<i>Traffic Advisory</i> (попередження про повітряну обстановку)
<i>TCAS</i>	<i>Traffic alert and Collision Avoidance System</i> (Автономна бортова система запобігання зіткнень)
<i>TRA</i>	<i>Terrestrial Radio Access</i> (дисплей попереджень про повітряну обстановку та рекомендацій щодо усунення конфліктної ситуації)

<i>VSI</i>	<i>Vertical Speed Indicator</i> (показчик швидкості набору висоти)
<i>WA</i>	<i>Warning Area</i> (зона попередження)
<i>WAAS</i>	<i>Wide Area Augmentation System</i> (Глобальна американська система розповсюдження диференціальних поправок)
<i>XPDR (XPNDR)</i>	<i>Transponder</i> (супутниковий ретранслятор)
АСДОиКЗ	Автоматизованная система дистанционного обучения и контроля знаний
БД	База даних
БСПЗ	Бортова система попередження зіткнень
БСПЗ I	Бортова система попередження зіткнень 1
БСПЗ IV	Бортова система попередження зіткнень 4
БСПЗ II	Бортова система попередження зіткнень 2
БСПЗ III	Бортова система попередження зіткнень 3
ЕНК	Електронний навчальний комплекс
ЕОМ	Електронна обчислювальна машина
КЕО	Коефіцієнт природного освітлення
КПР	Керування повітряним рухом
МРЛС	метеонавігаційна радіолокаційна станція
ПК	Повітряний корабель
СЕІ	Система електронної індикації

СПЗ	Система попередження зіткнень
СПЗПС	Система попередження зіткнення повітряних суден
ПЗ	Перевірка знань

ВСТУП

Актуальність теми. У процесі підготовки фахівців з інженерних спеціальностей чимало уваги приділяється ознайомленню з будовою та основними принципами роботи певних радіотехнічних систем повітряного корабля (ПК).

На сьогоднішній день великою популярністю користуються тренажерні комплекси, що дозволяють моделювати функції певних систем. Подібні системи являють собою певне програмне забезпечення, що розміщується на персональному комп'ютері. За допомогою інтерфейсу програми користувач може ознайомитись з принципами роботи та певними функціями системи, дослідити електричні сигнали у різних місцях, виконати тестування та інші завдання. При цьому в основі подібних комп'ютерних програм знаходиться математична модель певної системи, відтворена подібно до реального обладнання, що застосовується на ПК.

Однією з основного пілотажно-навігаційного обладнання ПК є система попередження зіткнень повітряних кораблів (Traffic Collision Avoidance System, TCAS). Починаючи з 01.01.2005 ПК (з кількістю пасажирів більше 15 чи загальною злітною вагою більше за 5.7 т), що виконують польот у Європейському повітряному просторі, повинні бути обладнанні системою TCASII.

Обладнання TCAS II забезпечує огляд навколишнього повітряного простору на випадок виявлення інших ПК та відображає їх пілоту на навігаційному дисплеї. Крім того система оцінює потенційну можливість зіткнення у повітрі з іншими ПК та у випадку наявності такої загрози формує спеціальні повідомлення для пілотів обох ПК, що дозволяють розвести ПК у вертикальній площині та уникнути зіткнення. Рекомендації TCAS є обов'язковими до виконання пілотами ПК.

Знання принципів функціонування і побудови та набуття навичок реакції на рекомендації TCAS у певній ситуації повітряного руху є однією з важливих

питань, що розглядаються у процесі підготовки пілотів та диспетчерів організації повітряного руху.

Важливість TCAS зумовило появу спеціалізованих комп'ютерних навчальних комплексів спрямованих на вивчення принципів функціонування та набуття навичок роботи з системою.

На сьогоднішній день користувачам пропонується декілька навчальних комплексів [2, 3, 4, 5]. Переважна більшість існуючих навчальних програм побудовані за принципами електронного підручника. Вони містять детальний опис системи з роз'ясненням принципів функціонування, аудіо та відео матеріали, що відображають роботу TCAS у конкретних умовах. Проте відсутність у складі подібних навчальних програм електронного тренажера та відсутність комплексного підходу до вивчення спонукали до розробки нового навчального комплексу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в рамках фундаментальної науково-дослідної роботи шифр 493ДБ - 08 - Тема "Теоретичні засади багатоальтернативного ситуаційного моделювання та оцінки ризиків у соціотехнічних системах " (номер держреєстрації 0108U004004).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка принципів побудови, алгоритмів та програмна реалізація електронного навчального комплексу системи попередження зіткнення літаків.

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

- проаналізувати існуючі системи попередження зіткнення літаків та виявити основні завдання СПЗ;
- класифікувати види навчальних систем електронних засобів навчання та виділити їх основні переваги та недоліки;
- сконструювати структуру інтерактивного навчального комплексу та описати принцип дії електронного тренажера;

- проаналізувати вплив інтерактивного навчального комплексу на навколишнє середовище та роботу користувача комп'ютера. Запропонувати профілактичні заходи.

Об'єктом дослідження є електронні засоби навчання з використанням мережі Internet.

Предметом дослідження являються методи та алгоритми розробки електронного навчального комплексу.

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 підхід до вивчення принципів функціонування та набуття навичок роботи з системою попередження зіткнення літаків TCASII.

Розроблено математичну модель, для моделювання повітряного руху з можливістю обов'язкового виникнення конфліктної ситуації між повітряними кораблями.

Розроблені принципи побудови інтерактивного інтерфейсу електронного навчального комплексу.

Практичне значення одержаних результатів.

Основні результати роботи становлять науково-методологічну основу для створення сучасних електронно навчальних комплексів з вивчення систем авіоніки та дозволяють розв'язувати такі завдання:

- забезпечувати необхідну базу знань, для вивчення системи попередження літаків у повітрі TCASII;
- розроблений електронний тренажер системи TCASII, дозволяє набути користувачу необхідних навичок роботи з ним та відпрацювати реакцію на команди системи;
- система електронної реєстрації користувачів забезпечує контроль за користувачами, наданої їм інформації та контроль набутих знань.

Апробація результатів атестаційної роботи. Результати роботи обговорювалися на: Міжнародних науково-технічних конференціях студентів та молодих вчених «Політ-2010», «Політ-2008» (Київ, НАУ).

Публікації. Основний зміст дипломної роботи опубліковано в 2 друкованих працях – 2 тезах доповіді на Міжнародних науково-технічній конференції.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

1.1. Класифікація систем попередження зіткнень

Бортові системи попередження зіткнень (БСПЗ) літаків у повітрі призначені для допомоги пілоту повітряного корабля (ПК) у запобіганні зіткнень у повітряному просторі.

Документи ІКАО виділяють чотири типи СПЗПС:

БСПЗ I - 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 ІКАО).

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

БСПЗ III - БСПЗ, що на додаток до консультативної інформації про повітряний рух (TA) надає рекомендації щодо уникнення загрози зіткнення (RA) у вертикальній і горизонтальній площинах.

БСПЗ IV - передбачає використання GNSS з функціональними доповненнями EGNOS(WAAS) та інерціальної системи навігації для отримання точної інформації о місце розташування ПК. На основі точних координат місце розташування стане можливим генерування траєкторії маневру для уникнення конфліктної ситуації у горизонтальній та вертикальній площинах.

У зв'язку з відсутністю зацікавленості у впровадженні подібної системи БСПЗ IV(розробка, модернізація та впровадження такої системи потребує значних фінансових затрат) вона залишається у проектній формі.

На сьогоднішній день БСПЗ II є обов'язковою системою для літаків цивільної авіації:

У Європі з 01.01.2005 для ПК, з кількістю пасажирів більше за 11 чи з максимальною злітною вагою більше ніж 5700кг.

У США з 1994 з загальною кількістю пасажирів більше ніж 30.

ІСАО рекомендує застосовувати систему БСПЗ II з 01.01.2003 при польотах у глобальному масштабі.

Загалом БСПЗ можна класифікувати в залежності від можливого об'єкта зіткнення:

- 1) СПЗ з рельєфом місцевості;
- 2) СПЗ з метеоб'єктами ;
- 3) СПЗ з невідомими літаючими об'єктами;
- 4) СПЗ з ПК;
- 5) СПЗ з наземними рухомими об'єктами на ВПС.

Система попередження зіткнень із рельєфом місцевості є засобом підвищення безпеки польотів за допомогою звукових, мовних і візуальних сигналів, що попереджують пілотів про виникнення таких умов, подальший розвиток яких може привести до зіткнення із землею (або водною поверхнею).

Сигнали попередження генеруються системою при значеннях поточної геометричної висоти нижче встановлених мінімальних або при значеннях відхилення вниз від рівносигнальної зони, радіотехнічної глибини, що перевищують установлені максимально допустимі. Сигналізація повинна тривати безупинно до усунення причини, що її викликала.

У цей час функції СПЗ із метеоб'єктами й з невідомими літаючими об'єктами покладають на бортовий метеорадіолокатор.

Інформаційна СПЗ рухомих об'єктів і визначення параметрів їх руху розрахована на попередження зіткнень рухомих об'єктів за рахунок визначення дальності до об'єкта, його швидкості і прискорення, а також геометричних розмірів і центра об'єкта.

Інформаційна СПЗ рухомих об'єктів і визначення параметрів їхнього руху дозволяє підвищити безпеку руху різних об'єктів за рахунок зниження ймовірності їх зіткнень.

СПЗ з ПК інформує екіпаж про повітряну обстановку за допомогою надання візуальної і мовної інформації, забезпечує своєчасне виявлення конфліктних ПК, здійснює класифікацію ступеня їхньої небезпеки й видає рекомендації на виконання відповідного маневру.

По місцю розташування устаткування СПЗ:

- 1) наземні СПЗ;
- 2) бортові СПЗ.

Наземна СПЗ забезпечує екіпажі двома типами інформації: попереджувальної і командної. Попереджувальна інформація подає екіпажу дані про повітряну обстановку й призначена для того, щоб показати, чи є на даному маршруті небезпека зіткнення. Командна інформація передається екіпажу для повідомлення про те, що потрібно провести маневр для запобігання зіткнення. Крім того, наземна СПЗ може виробляти й передавати на борт команди, що забороняють маневри ПК. Ці команди подаються в тому випадку, якщо маневр ПК може привести до появи загрози зіткнення.

Однак, навіть за допомогою високоефективних і високонадійних систем КПР неможливо забезпечити необхідну безпеку польоту. Справа в тому, що дотепер частина земної поверхні не охоплена зоною дії систем КПР, а крім того, існуючі системи КПР не дозволяють надійно контролювати польоти на малих висотах і у важкодоступних для спостереження районах земної кулі. Тому ще в 1977 році була обґрунтована технічна й економічна необхідність установки на ПК спеціальних автономних СПЗ.

БСПЗ є незалежним засобом запобігання зіткнення в повітрі. БСПЗ інформує екіпаж про повітряну обстановку за допомогою надання візуальної й мовної інформації, забезпечує своєчасне виявлення конфліктних літаків,

здійснює класифікацію ступеня їхньої небезпеки й видає рекомендації на виконання відповідного вертикального маневру.

БСПЗ функціонує і ефективна у тих випадках, якщо ПК обладнані відповідачами, що працюють у міжнародному режимі "RBS" (A, C і S).

В залежності від здійснюваних функцій БСПЗ поділяться на:

- 1) індикатори небезпечного зближення;
- 2) системи попередження зіткнень.

Індикатори небезпечного зближення виконують функцію виявлення в навколишньому повітряному просторі всіх потенційно небезпечних з точки зору зіткнення ПК і функцію оцінки часу до моменту можливого зіткнення й відстані найбільшого зближення.

СПЗ крім перерахованих функцій виконують також функції визначення маневру по попередженню зіткнення й розрахунок часу початку і закінчення маневру.

БСПЗ бувають автономні і взаємодіючі. Автономні БСПЗ будуються на принципах радіолокаційного визначення координат або виміру координат по власному випромінюванню ПК. Взаємодіючі БСПЗ використовують спеціально випромінювані сигнали бортових відповідачів.

За принципом роботи БСПЗ поділяються на асинхронні й синхронні. Можливі варіанти побудови БСПЗ з використанням кодів і частот вторинної радіолокації.

Синхронні БСПЗ потребують наявність на борту високо стабільних базових генераторів, постійно корегуючих з землі. Сигнали випромінюються апаратурою БСПЗ у строго певний час, і взаємне положення ПК визначається по часовому інтервалу між еталонним і прийнятим сигналами.

При використанні асинхронних СПЗ обладнання випромінює сигнали без якого-небудь ув'язування за часом з моментами випромінювання сигналів іншими ПК. Відстань у таких системах визначається в результаті виміру часу проходження сигналів від моменту випромінювання до повернення

ретрансльованого сигналу, а швидкість зближення - по зміні цього часу в наступні такти роботи. Поряд із синхронними й асинхронними системами відомі й сполучені взаємодіючі системи, у яких одночасно використовуються обидва методи.

1.2. Бортова система попередження зіткнення літаків

Забезпечення безпеки ПР багато в чому залежить від розв'язання завдання попередження зіткнень ПК в повітрі. Технічні засоби, що вирішують це завдання, називаються СПЗ. Вони класифікуються як додаткові засоби в повітряному просторі, повністю контрольованому технічними засобами системи КПР, і основним засобом забезпечення безпеки польотів ПК, контроль за рухом яких з боку служби КПР неможливий.

Принцип дії більшості сучасних БСПЗ ПК полягає в наступному.

Під час знаходження ПК у повітрі БСПЗ передає періодичні сигнали запиту. Вони приймаються прийомовідповідачами з режимом А/С або режимом S на розташованих поблизу ПК. У відповідь на запити кожний прийомовідповідач передає сигнал, що може містити дані про абсолютну висоту свого ПК. Обладнання БСПЗ розраховує відстань до ПК - порушника на основі повного часу від моменту запиту до моменту одержання відповіді. Абсолютна висота, вертикальна швидкість, відстань і швидкість зближення визначаються шляхом спостереження за інформацією відповіді. Ці дані разом з величиною захищеного об'єму простору навколо ПК з БСПЗ використовуються для визначення того, чи представляє ПК - порушник загрозу зіткнення. Інформація з кожного загрозливого ПК обробляється окремо, щоб дати можливість вибрати відповідну рекомендацію з подолання, засновану на даних курсу, і здійснити координацію з іншими ПК, обладнаними БСПЗ за допомогою лінії передачі даних режиму S.

Дальність дії БСПЗ вибирається такою, щоб це обладнання активізувалось тільки в умовах порушення норм ешелонування і виникнення реальної загрози зіткнення в тому випадку, коли вона не виявилася наземною службою КПР.

Обладнання БСПЗ запитує прийомовідповідачі установлені на борту близько розташованих ПК і приймає їхні відповіді. Зазначені ПК називаються «порушниками». Аналізуючи ці відповіді за допомогою ПЕОМ, обладнання БСПЗ визначає, які із зазначених ПК являють потенційну загрозу зіткнення, і видає екіпажу відповідні рекомендації для забезпечення ешелонування. Ці ПК називаються «загрозливими» ПК .

Рекомендації з подолання загрози зіткнення генеруються, як мінімум для того, щоб указувати маневри, прогнозовані з метою підтримки або збільшення інтервалу ешелонування стосовно «загрозливих» ПК, при цьому мається на увазі, що «загрозливі» ПК не будуть виконувати маневри в напрямках, які суперечать обраним маневрам відхилення. Для індикації місця розташування ПК - порушника, що може стати причиною конфліктної ситуації, може також представлятися консультативна інформація для організації повітряного руху. У консультативній інформації КПР можуть вказуватися дані про дальність, швидкість зближення, абсолютну висоту, вертикальну швидкість і пеленг ПК - порушника щодо власного ПК. Консультативна інформація про повітряний рух без вказівки абсолютної висоти може також забезпечуватися у відношенні ПК - порушників, обладнаних прийомовідповідачами, що не надають дані про абсолютну висоту.

1.3. Принцип дії СПЗ

Навколо літака система БСПЗ формує деяку ділянку повітряного простору, яка називається «зоною зіткнення». Розміри цієї зони змінюються залежно від висоти польоту. БСПЗ забезпечує захист цієї зони від вторгнення в неї іншого літака.

БСПЗ постійно спостерігає за повітряним простором навколо літака і стежить за сигналами відповідачів інших літаків. Шляхом відстеження цих відповідей складається прогноз траєкторії польоту кожного виявленого літака.

З додатковими приладами та при використанні сигналізації тривоги по висоті, рух обладнаного літака координується з більшою точністю з метою уникнення потенційної конфліктної ситуації.

Для розрахунку швидкості зближення і часу польоту до точки найбільшого зближення, система використовує математичні формули. Рекомендація щодо усунення конфліктної ситуації, при виконанні якої збільшується поділ між літаками, видається для будь-якого літака, прогноз траєкторії якого показує ймовірність вторгнення в зону зіткнення, обладнаний системою БСПЗ.

БСПЗ формує дві об'ємні ділянки повітряного простору навколо свого літака, які називаються «зоною попередження» (Warning Area) та «зоною підвищеної уваги (або аварійною зоною)» (Caution Area) (рис.1.1.).

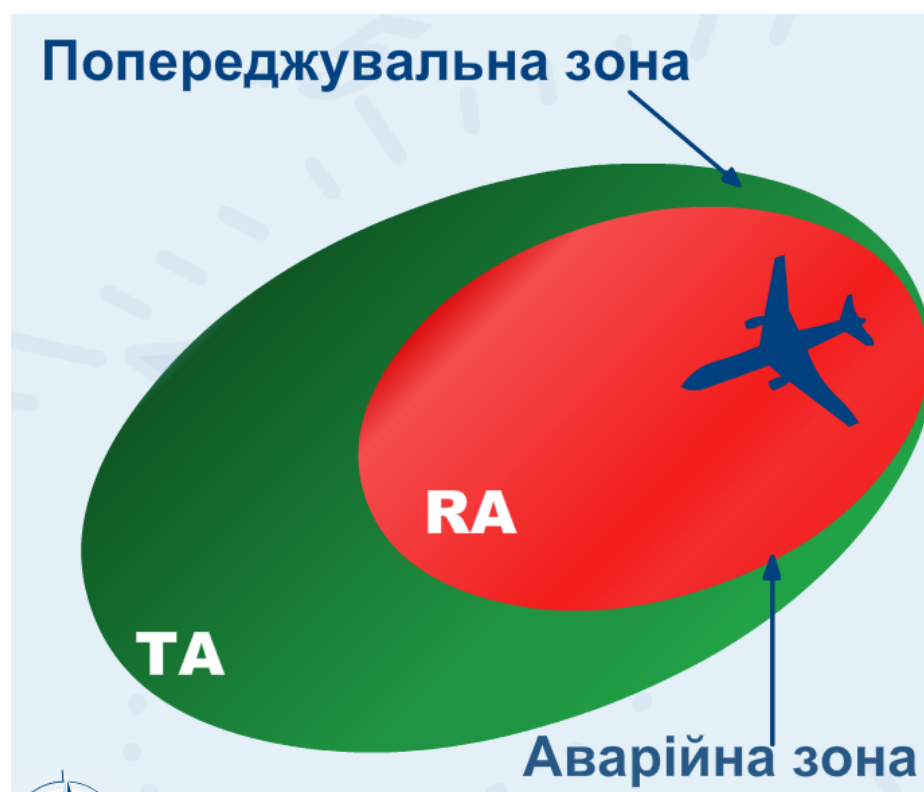


Рисунок 1.1. Зони БСПЗ

БСПЗ працює по принципу обчислення часу, тобто, незалежно від взаємної геометрії траєкторій конфліктуючих літаків в даний момент часу

попередження про повітряну обстановку (ТА) та рекомендації щодо усунення конфліктної ситуації (РА) видаються екіпажу приблизно з одним і тим же запасом часу. Система автоматично коректує розміри зони підвищеної уваги і зони попередження з урахуванням швидкості зближення і відносного пеленга конфліктуючого літака.

Якщо літак дійсно увійшов до зони підвищеної уваги, то БСПЗ сприймає його як конфліктний літак і видає попередження про повітряну обстановку. Це повідомлення складається як з голосового попередження, так і візуального сигналу, що вказує дальність і відносний пеленг конфліктуючого літака, які допомагають екіпажу у виконанні візуального пошуку та ідентифікації даного літака.

Зони зіткнення, попередження і підвищеного контролю охоплюють об'єм повітряного простору навколо літака, який обладнаний БСПЗ. Форма, горизонтальні і вертикальні розміри зон є функцією дальності і швидкості зближення конфліктного літака.

1.4. Повідомлення

БСПЗ видає рекомендації щодо усунення конфліктної ситуації (РА) і попередження про повітряну обстановку (ТА) у тому випадку, якщо конфліктний літак обладнаний відповідачем КНР (служба керування повітряним рухом), що забезпечує передачу відповідних сигналів у режимі - S чи режимі - C. Передана цими сигналами інформація про висоту польоту використовується системою при розрахунках рекомендацій щодо усунення конфліктної ситуації.

Для конфліктного літака, у якого не включена функція повідомлення про висоту польоту, БСПЗ видає тільки попередження про повітряну обстановку.

Повідомлення ТА і РА оновлюються один раз в секунду і в реальному масштабі часу забезпечують екіпаж рекомендаціями та інформацією про становище конфліктного літака. Положення конфліктного літака по

відношенню до власного літака відображається на дисплеї VSI / TRA, що допомагає екіпажу в здійсненні візуального пошуку та реалізації принципу «побачити і уникнути».

Після того як система складає прогноз про досягнення прийняттого поділу між літаками, видається мовне повідомлення «CLEAR OF CONFLICT» (конфлікт усунутий), що підтверджує, що конфліктної ситуації більше не існує. Льотний екіпаж повинен повернутися до початкового профілю польоту, встановленому службою УПР.

Попередження про повітряну обстановку (ТА) видається при виявленні конфліктного літака, для якого прогнозується, що йому буде потрібно 20-48 секунд для входження в захисну зону зіткнення БСПЗ.

Фактична відстань в момент видачі попередження варіюється з тієї причини, що він залежить від швидкості зближення і висоти польоту конфліктного літака. Мовне повідомлення ТА видається словами «TRAFFIC, TRAFFIC» (повітряний об'єкт, повітряний об'єкт). Відмітка такого літака з'являється на дисплеї VSI / TRA у вигляді суцільного круга жовтого кольору, розташованому на місці, що точно відображає дальність і пеленг щодо літака, обладнаного БСПЗ.

У прилеглому полі даних вказується висотний поділ, повідомляється, чи знаходиться конфліктний літак вище або нижче літака, обладнаного БСПЗ, а також зображується стрілка, спрямована вгору або вниз і показує напрям вертикальної швидкості літака в тому випадку, якщо вона перевищує 500 футів в хвилину.

Рекомендація щодо усунення конфліктної ситуації (RA) видається відносно конфліктного літака, для якого прогнозується, що йому буде потрібно 15-35 секунд для входу в зону зіткнення, яку захищає БСПЗ. Фактична відстань в момент видачі цієї рекомендації варіюється з тієї причини, що він залежить від швидкості зближення і висоти польоту конфліктного літака.

Якщо конфліктуючий літак входить у зону попередження, то системою видається рекомендація RA, що відображається на дисплеї VSI / TRA у вигляді червоної дуги заборонених і зеленої дуги заданих вертикальних швидкостей і супроводжується голосовим повідомленням. Відмітка конфліктного літака відображається на дисплеї VSI / TRA у вигляді суцільного квадрата червоного кольору, що розташованому у місці, що точно відображає дальність і пеленг відносно літака, обладнаного БСПЗ.

У доданому полі даних вказуються ті ж відомості, що й у випадку попередження про повітряну обстановку (ТА). Рекомендація RA може бути коректуючою або превентивною. Корируюча рекомендація передбачає зміну вертикальної швидкості таким чином, щоб стрілка індикатора вертикальної швидкості вийшла із зони забороненої ЧЕРВОНОЇ дуги і перейшла в задану зелену дугу. Превентивна рекомендація обмежує вертикальну швидкість для того, щоб зберегти вертикальне розділення, і відображається лише дугою червоного кольору.

Рекомендації з усунення конфліктної ситуації можуть бути посилені, пом'якшені або змінені на зворотні в залежності від дій, необхідних для вирішення конфлікту. Будь-яка зміна повідомлення RA супроводжується як голосовими, так і візуальним оповіщенням.

1.5. Відображення інформації

Існує три варіанта відображення інформації у системи БСПЗ. Відображення символів БСПЗ залежить від виробника та конкретної моделі.

Індикатор VSI/TRA (Vertical Speed/Traffic – вертикальна швидкість/ об'єкти повітряного руху) відображає об'єкти в повітрі, разом з інформацією про зміну вертикальної швидкості.

У випадку, якщо на ПК використовується система електронної індикації, інформація від БСПЗ видається на один з її дисплеїв.

У випадку відсутності системи електронної індикації та наявності бортової метеонавігаційної радіолокаційної станції (МРЛС) інформації БСПЗ може відображатися на дисплеї МРЛСТ, разом зі станом атмосфери.

1.5.1. Індикатор VSI/TRA

Індикатор VSI/TRA складається з індикатора вертикальної швидкості (VSI) та індикатора БСПЗ, що відображає попередження про повітряну обстановку та рекомендації щодо усунення конфліктних ситуацій (TRA)(рис.1.2.).



Рисунок 1.2. Індикатор VSI/TRA

1.5.2. Система електронної індикації

Всі сучасні літаки обладнані системою електронної індикації(CEI). БСПЗ відображає власні дані через вбудовану CEI.

Інформація про повітряну обстановку у вигляді символів літаків відображається на навігаційному дисплеї пілота(рис.1.3.).

Рекомендації щодо розв'язання конфліктної ситуації відображається на шкалі вертикальної швидкості на пілотажному дисплеї (рис.1.4.).

РОЗДІЛ 3

СТРУКТУРА ІНТЕРАКТИВНОГО НАВЧАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

3.1. Структура навчального комплексу

Структура ЕНК складається з таких основних модулів:

- графічний інтерфейс користувача;
- ресурсне забезпечення у вигляді необхідних баз даних та баз знань;
- модуль обчислення.

ЕНК побудовано з використанням технології Adobe Flash та мов програмування: Action Script, PHP, MySQL. Мультимедійний інтерфес реалізовано за допомогою Action Script, бази даних організовані на спеціально виділеному сервері НАУ на MySQL.

Графічний інтерфейс виконано за принципом побудови Web-інтерфейсів з використанням стандартних системних Інтернет браузерів. Ресурсне забезпечення ЕНК розміщується на спеціально виділеному сервері, що забезпечує доступ великої кількості користувачів до ресурсів ЕНК. За запитом необхідні модулі завантажуються на ПК клієнта.

Обчислювальний модуль виконує наступні задачі:

- Відображення інтерфейсу існуючих систем попередження зіткнень;
- моделювання руху повітряних кораблів відповідно до заданого сценарію;
- моделювання функцій виявлення небезпечних ситуацій;
- моделювання функцій сигналізації та попередження небезпечних зближень у повітрі;
- оцінка виконаних вправ

Розроблений електронний навчальний комплекс(ЕНК) складається з:

- електронного підручника БСПЗ
- інтерактивного тренажера БСПЗ
- системи контролю набутих знань (тестування)
- системи реєстрації користувачів

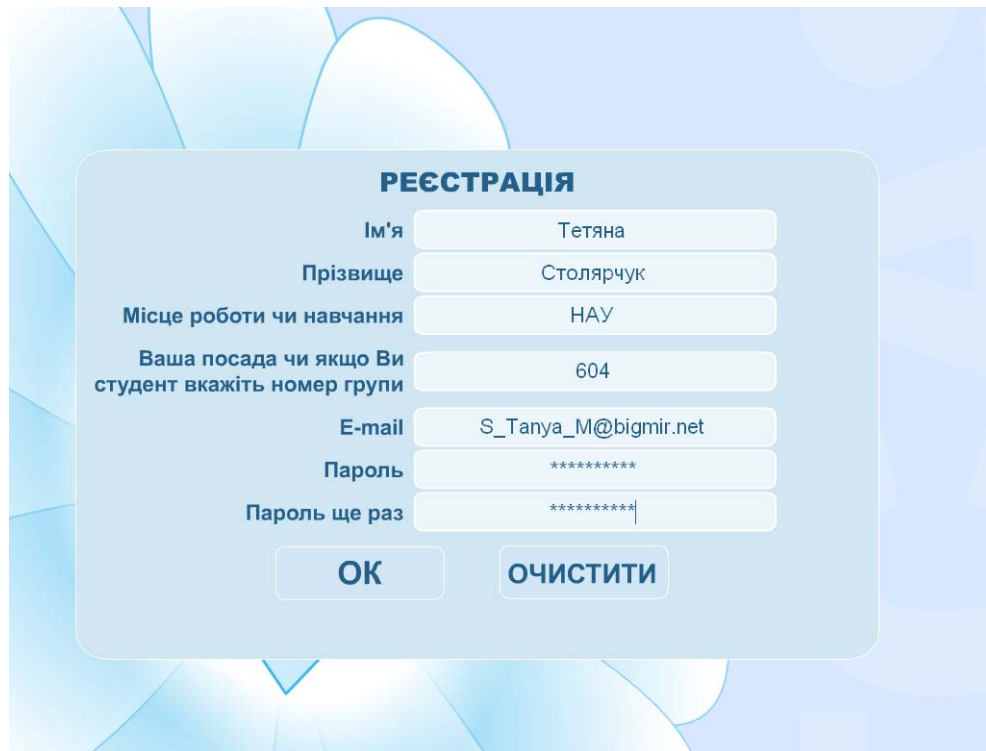
- глосарія ЕНК
- корисних посилань
- відомостей про авторів
- рекомендацій користувачу

3.2. Система реєстрації користувачів

Для того, щоб отримати доступ до інтерактивних засобів навчального комплексу необхідно пройти процедуру електронної реєстрації (рис. 3.1.). В процесі реєстрації необхідно вказати:

- ім'я
- прізвище
- місце роботи чи навчання
- посаду або номер групи
- E-mail
- пароль

Інформація, що вводяться зберігається у спеціалізованій базі даних (БД) користувачів. БД захищена від доступу посторонніх осіб. БД розміщується на спеціалізованому сервері Національного Авіаційного Університету. Ця інформація необхідна для збору статистичних даних, щодо процесу навчання та користування ЕНК. Весь процес навчання контролюється та фіксується в БД. Технічно БД реалізована з використанням MySQL.



РЕЄСТРАЦІЯ

Ім'я

Прізвище

Місце роботи чи навчання

Ваша посада чи якщо Ви студент вкажіть номер групи

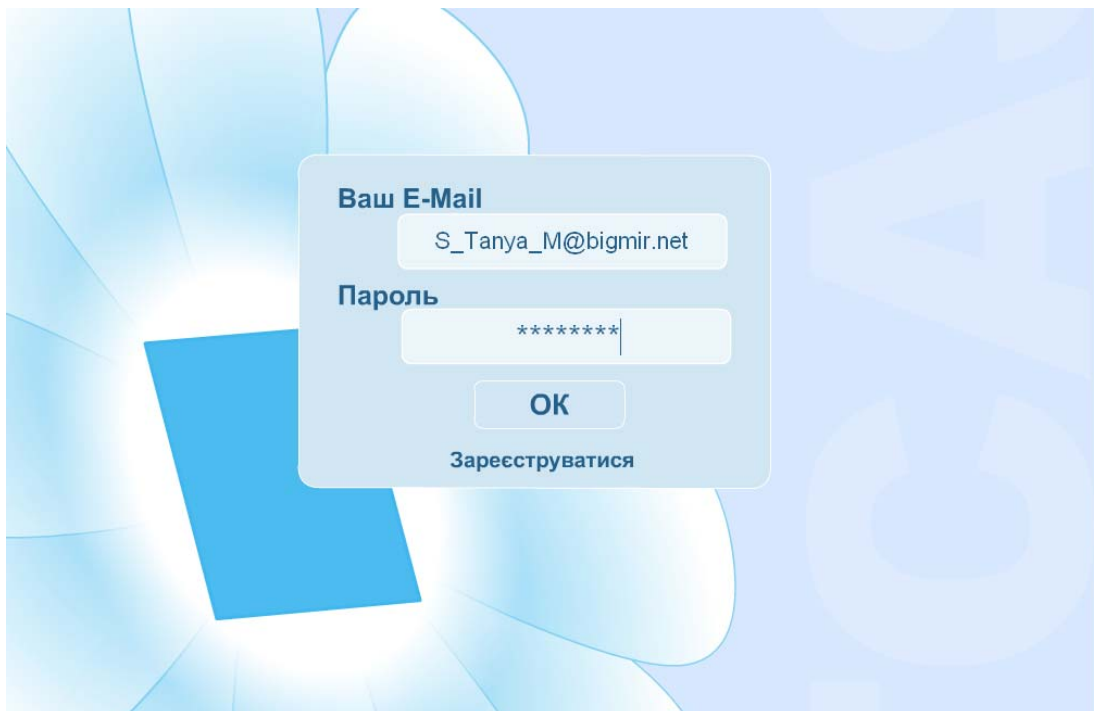
E-mail

Пароль

Пароль ще раз

Рисунок 3.1. Реєстрація нового користувача

Після завершення реєстрації у ЕНК створюється новий акаунт користувача. Далі для продовження роботи необхідно тільки ввести свою електронну адресу та пароль (рис. 3.2.) для доступу до свого акаунта. ЕНК розпізнає користувача та налаштовується на індивідуальний процес навчання.



Ваш E-Mail

Пароль

Зареєструватися

Рисунок 3.2. Аутентифікація користувача

3.3. Навігаційний інтерфейс ЕНК

Після введення свого e-mail та пароля, користувач потрапляє до основного меню ЕНК (рис. 3.3.).



Рисунок 3.3. Головне меню ЕНК

Головне меню ЕНК представлений та дає швидкий доступ до наступних елементів:

- електронного підручника БСПЗ;
- тренажеру БСПЗ;
- корисних посилань;
- перевірки знань (тестування);
- питання для самоперевірки;
- глосарій (словник авіаційних термінів);
- інформації щодо авторів;
- інформації щодо кафедри аеронавігаційних систем НАУ;
- налаштувань програми;
- презентації
- виходу з програми.

Перехід безпосередньо до любого з елементів ЕНК забезпечується шляхом натискання на назві цього елемента. При натисканні на слово тренажер, користувач потрапляє безпосереднього до «Тренажеру БСПЗ»

ЕНК зображено спеціальними символічними позначеннями всіх навігаційних елементів. Інформація у символічному вигляді дуже швидко запам'ятовується користувачем та дозволяє значно підвищити пошук потрібної інформації. Проте при наведені на відповідний символ курсором миші з'являється підказка з назвою.

3.4. Система дистанційного тестування знань

Кожен користувач, після вивчення матеріалу про БСПЗ або на основі власних знань, може перевірити свої знання за допомогою питань для самоперевірки (рис. 3.4.). Натиснувши в головному меню ЕНК на відповідний символ, користувач потрапляє до «Питань для самоперевірки». Тут користувач може відповісти на питання про БСПЗ та самому проаналізувати рівень вивченого ним матеріалу.

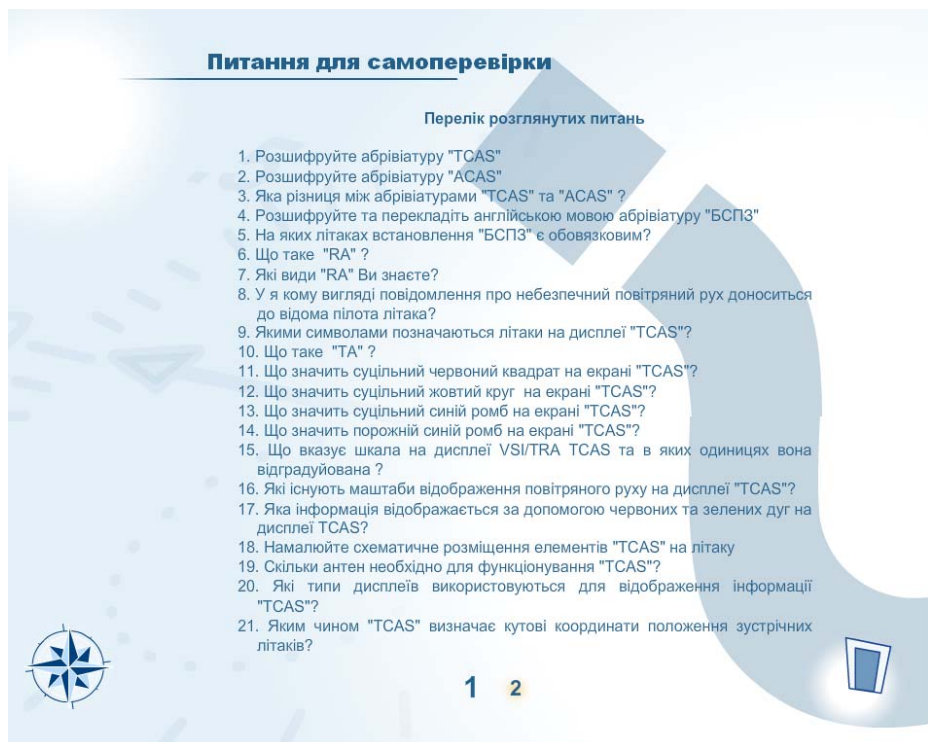


Рисунок 3.4. Питання для самоперевірки

Також, для перевірки своїх знань у ЕНК представлена перевірка знань (ПЗ) (рис. 3.5.) Перевірку знань можна здійснити як повністю по загальній інформації, так і по окремим розділам. У кожному розділі користувачу задається сім питань з варіантами відповідей.

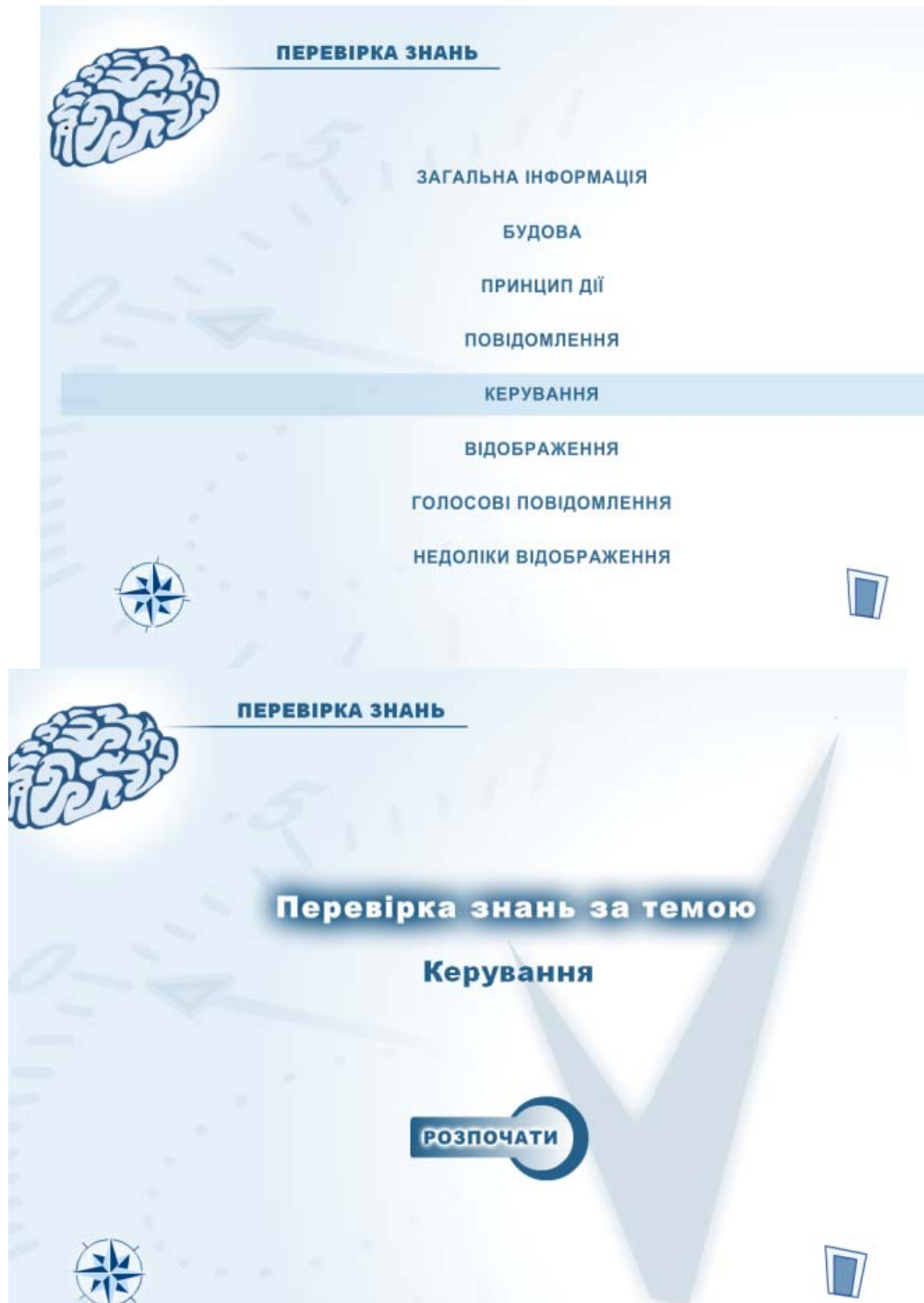


Рисунок 3.5. Головне меню перевірки знань

Після вибору розділу про БСПЗ користувачу пропонується вибрати вірний варіант відповіді на поставлене запитання рис. 3.6.

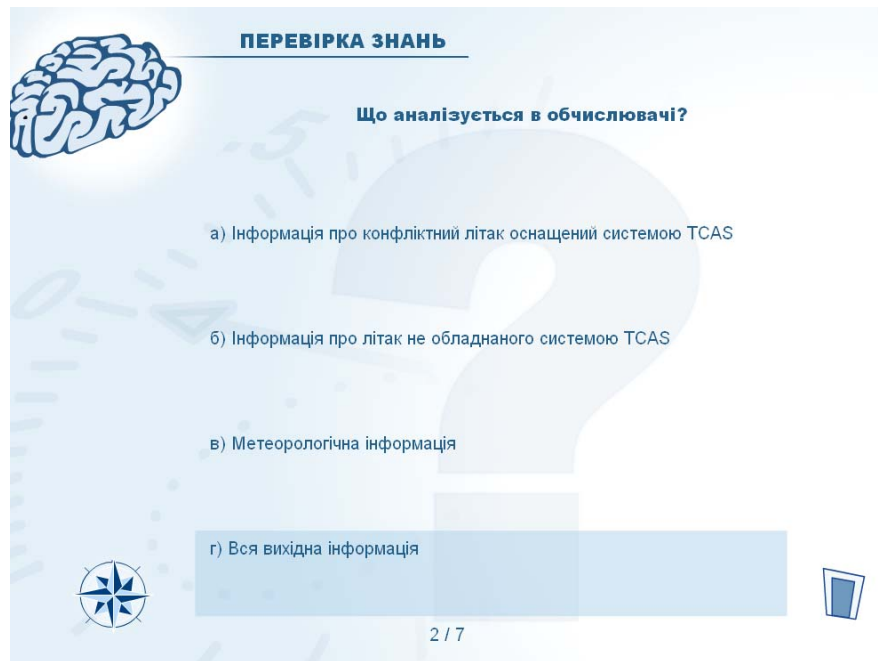


Рисунок 3.6. Тестове завдання

Після проходження семи тестових питань, ЕНК видає результат, який зберігається в базі даних ЕНК. Якщо результат користувача не влаштовує, то він може пройти його знову. Усі результати та кількість разів проходження тесту зберігаються в БД ЕНК. Що дає можливість швидко виконати статистику результатів вивчення даного матеріалу, як кожного студента так і групи в цілому.(Рис. 3.7.)



Рисунок 3.7. Результат тестування

3.5. Глосарій ЕНК

Меню екранної форми глосарія ЕНК стандартизоване. Воно містить такі елементи:

- перехід до головного меню;
- історія пошукових запитів (містить попередні запити користувача за поточний сеанс роботи);
- пошук у Вікіпедії (можливість отримання додаткової інформації за поточною словарною статтею в Інтернет енциклопедії Вікіпедії);
- пошук у мережі Інтернет (можливість отримання додаткової інформації за поточною словарною статтею в мережі Інтернет);
- вихід.

При роботі з глосарієм ЕНК користувач має обрати один з чотирьох напрямків пошуку:

- перша вкладка – Аббревіатури (**Error! Reference source not found. 3.8.**);
- наступна – Терміни англійською мовою;
- наступні – Терміни українською мовою (рис. 3.9.);
- наступна – Терміни російської мовою;

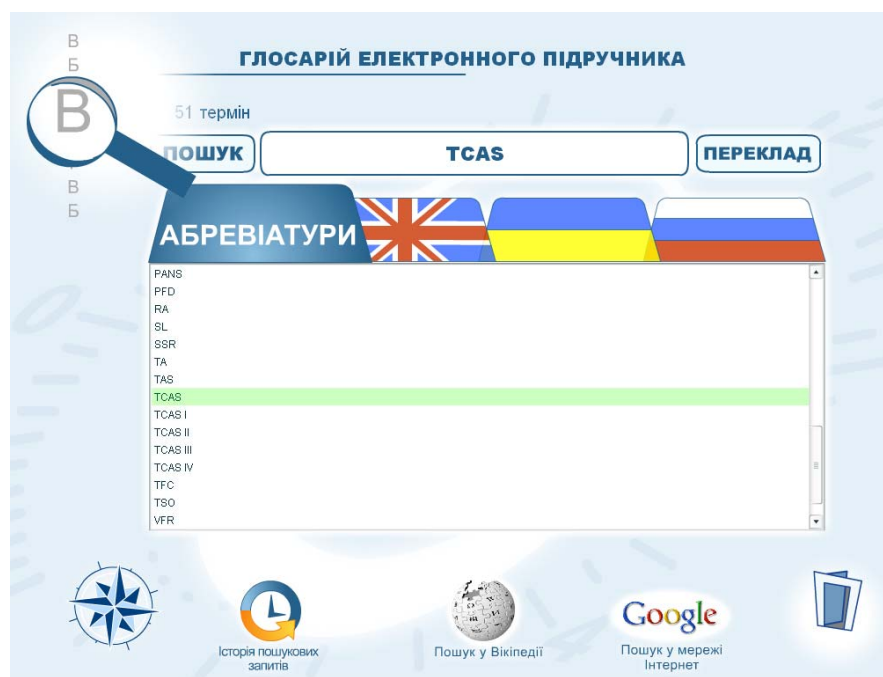


Рисунок 3.8. Аббревіатури

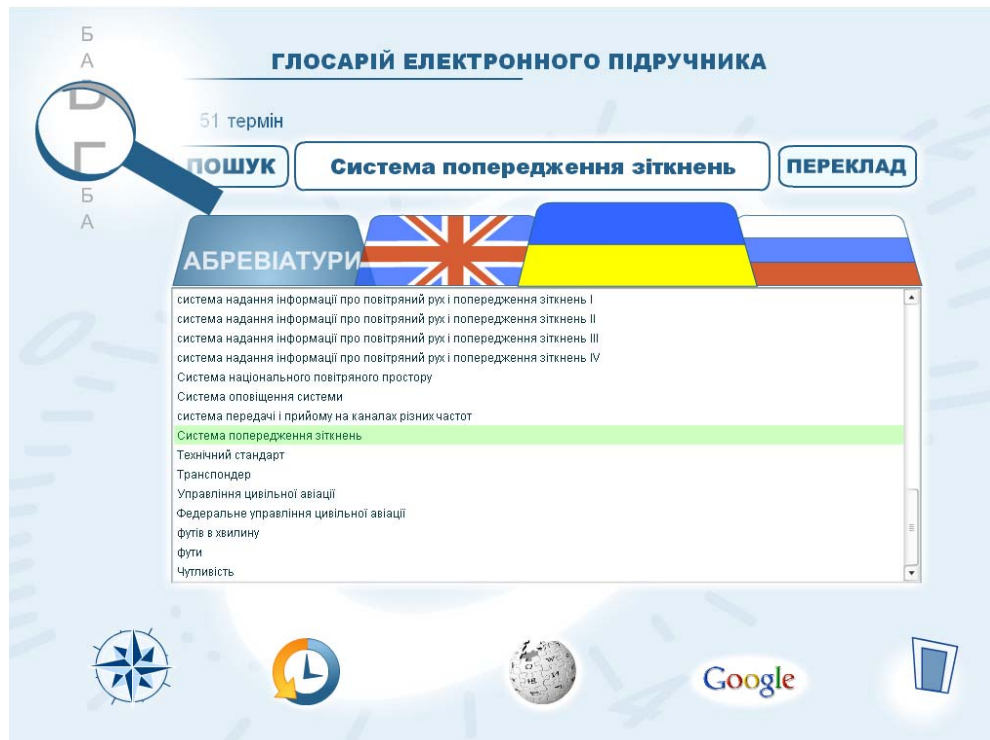


Рисунок 3.9. Терміни українською мовою

Після вибору необхідного терміну чи аббревіатури користувач переходить до словарної статі.

При перегляді поточної словарної статті користувач може натиснути «ОК» для переходу до основної екранної форми, або перейти до попереднього (наступного) термінів словника авіаційних термінів.

Справа розташоване контекстне меню, що може містити такі елементи:

- роздрукувати (можливість друку словарної статті на принтері)(рис.20);

У будь-який момент роботи з ЕНК користувач має можливість переглянути історію пошукових запитів (рис. 3.10.).



Рисунок 3.10. Історія пошукових запитів

Висновки

1. Розглянута структура ЕНК, яка складається з таких основних модулів, як графічний інтерфейс користувача; ресурсне забезпечення у вигляді необхідних баз даних та баз знань; модуль обчислення.

2. Розроблено електронний навчальний комплекс(ЕНК), який складається з: електронного підручника БСПЗ; інтерактивного тренажера БСПЗ; системи контролю набутих знань (тестування); системи реєстрації користувачів; глосарія ЕНК; корисних посилань; відомостей про авторів; рекомендацій користувачу.

3. Детально описано та продемонстровано компоненти електронного навчального комплексу. Повністю розглянуто їх будову та функції.

РОЗДІЛ 4

ПРИНЦИП ДІЇ ІНТЕРАКТИВНОГО ТРЕНАЖЕРУ

4.1. Будова інтерактивного тренажеру

Інформація, що вводяться зберігається у спеціалізованій базі даних (БД) користувачів. БД захищена від доступу сторонніх осіб. БД розміщується на спеціалізованому сервері Національного Авіаційного Університету. Ця інформація необхідна для збору статистичних даних, щодо процесу навчання та користування ЕНК. Весь процес навчання контролюється та фіксується в БД. Технічно БД реалізована з використанням MySQL.

Після завершення реєстрації у ЕНК створюється новий акаунт користувача. Далі для продовження роботи необхідно тільки ввести свою електронну адресу та пароль для доступу до свого акаунта. ЕНК розпізнає користувача та налаштовується на індивідуальний процес навчання.

Електронні ресурси ЕНК захищені вбудованою системою захисту, що забезпечує перевірку користувача при запиті будь-яких навчальних даних. Структурна схема побудови ЕНК наведена на рис. 4.1. При роботі з ЕНК користувач взаємодіє через інтерактивну оболонку з інформаційними ресурсами.

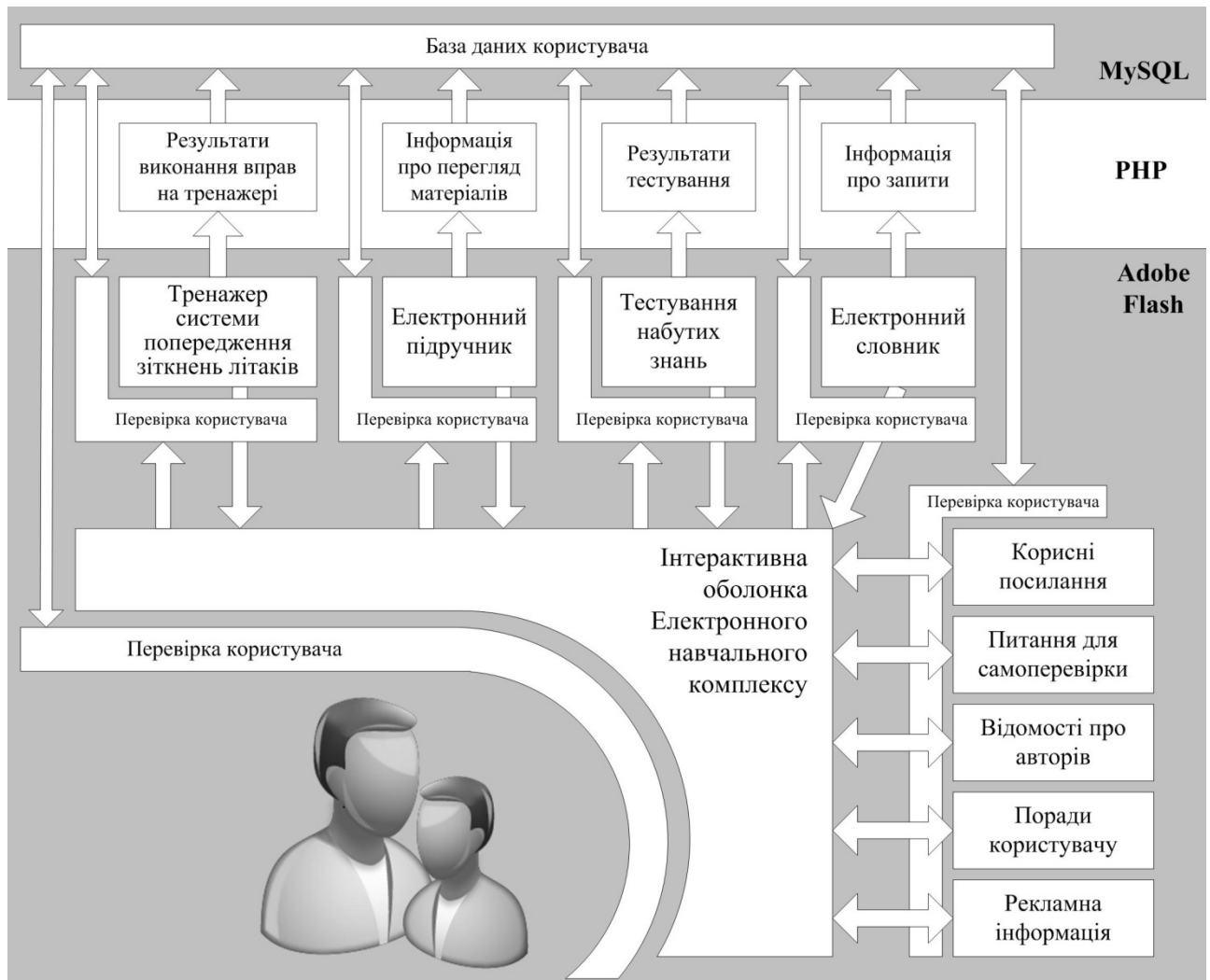


Рисунок 4.1. Структура побудови ЕНК

4.2. Моделювання повітряного руху

Моделювання повітряного руху потребує розв'язання питань моделювання руху власного ПК та генерування сторонніх ПК, з якими повинна виникнути конфліктна ситуація.

Моделювання руху власного ПК зводиться до обчислення координат місцеположення за відомими складовими вектора швидкості:

$$\begin{vmatrix} x_i \\ y_i \\ h_{vi} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_{i-1} \\ y_{i-1} \\ h_{v(i-1)} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} V_x \\ V_y \\ V_{vh} \end{vmatrix} \cdot t, \quad (4.1)$$

де x , y , h – координати місцеположення власного ПК;

V_x, V_y, v_h – складові вектора швидкості;

t – час.

Вихідними даними є висота польоту ПК та складові швидкості, що задаються на початку. координати місцеположення вибираються довільним чином.

Іншою складовою електронного тренажера є модуль моделювання зустрічного повітряного руху з яким повинна виникнути конфліктна ситуація. Отримана повітряна обстановка стане вихідною інформацією для модулів реалізуючи алгоритми роботи TCAS.

Для створення конфліктної ситуації у повітрі необхідно змодельовати зустрічний повітряний рух, траєкторія польоту якого буде перетинатися з власним ПК.

Перш за все необхідно випадковим чином вибрати положення ПК у межах дії TCAS, таким чином, щоб зустрічний ПК з'явився на межі дії системи. Крім того змодельований ПК повинен бути розташований таким чином, щоб потрапив у зону відображення дисплея (рис. 4.2.). Крім того використаємо зв'язану з власним ПК систему координат розміщену так, як показано на рис.4.2.

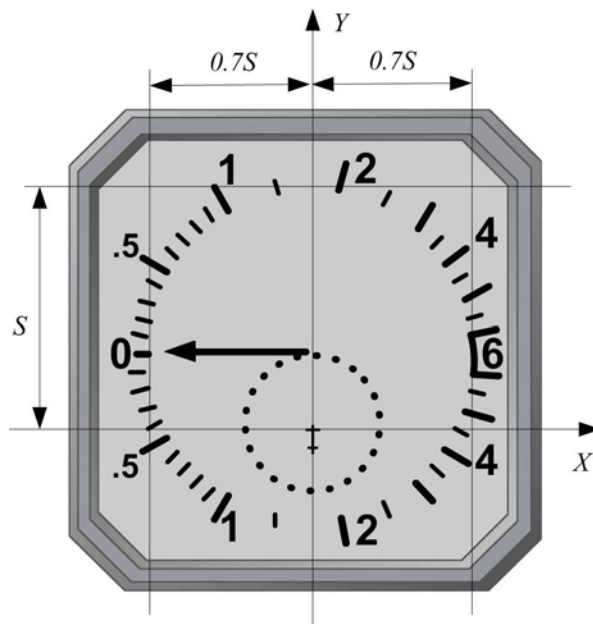


Рисунок 4.2. VSI/TDA дисплей TCAS

Тоді положення зустрічного ПК може бути обране таким чином:

$$x_0 = S(1.4N(0,1) - 0.7), \quad (4.2.)$$

$$y_0 = S, \quad (4.3.)$$

де S – масштаб відображення інформації,

$N(0,1)$ – випадкова величина вибрана за нормальним законом розподілу.

Висота вибирається з формули 4.4.:

$$h = h_v - h_m + N(0,2h_m), \quad (4.4.)$$

де h_v – висота польоту власного ПК;

h_m – максимально можлива різниця висот між ПК.

Наступним кроком визначається траєкторія руху зустрічного ПК. Вона повинна проходити таким чином, щоб створилася загроза зіткнення літаків.

У якості траєкторії зустрічного руху ПК використаємо сценарій простого випадку у вигляді прямолінійної траєкторії. Траєкторія повинна починатися з вибраної точки положення зустрічного руху та пересікатися з траєкторією руху власного ПК (рис. 4.3.). Тоді рівняння траєкторії зустрічного руху буде мати вигляд:

$$y = \frac{y_0 \cdot x}{x_0}. \quad (4.5.)$$

Моделювання повітряного руху здійснюється шляхом моделювання дискретного з певним інтервалом часу (t) пересування ПК від одного місцеположення до іншого з певною швидкістю (V) у відповідності до рівняння траєкторії:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{i-1} - \Delta x \\ y_i &= y_{i-1} - \Delta y, \end{aligned} \quad (4.6.)$$

$$\begin{aligned}\Delta x &= Vt \cos(\alpha) \\ \Delta y &= Vt \sin(\alpha)\end{aligned}\quad (4.7.)$$

де $\alpha = \operatorname{tg}\left(\frac{y_0}{x_0}\right)$ - кут нахилу траєкторії.

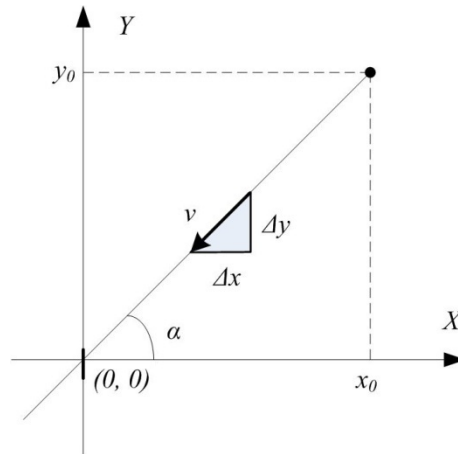


Рисунок. 4.3. Моделювання траєкторії руху

Швидкість зближення може бути обчислена у такий спосіб:

$$V = \frac{V_v}{\cos(90 - \alpha)} + V_{intruder}, \quad (4.8.)$$

де $V_{intruder}$ - швидкість зустрічного ПК.

У загальному випадку $V_{intruder}$ вибирається випадковим чином проте у межах не більше та неменше 10% від швидкості польоту власного ПК:

$$V_{intruder} = (V_v - 0.1V_v) + N(0, 0.2V_v). \quad (4.9.)$$

4.3. Інтерфейс електронного тренажру

Існує три варіанта дисплеїв. Спосіб відображення символів системи TCAS залежить від виду установки, за допомогою якої відображаються символи TCAS.

Конфігурація з плоским індикатором VSI/TDA (Vertical Speed/Traffic – вертикальна швидкість) демонструє як об'єкти в повітрі, так і інформацію про зміну вертикальної швидкості. (Рис. 4.4.)

Конфігурація у системі електронних польотних приладів відображає інформацію по об'єктам повітряного руху на навігаційному дисплеї EFIS і виводить інформацію щодо зміни вертикальної швидкості для RA на шкалі основного польотного індикатора. (Рис. 4.5.)

Третя конфігурація передбачає спеціальний індикатор для відображення об'єктів повітряного руху за допомогою модифікованого погодного індикатора. В залежності від виробника апаратури, існують відмінності в роботі приладів. (Рис. 4.6.)



Рисунок 4.4. Інтерфейс дисплея VSI/TDI тренажру TCAS

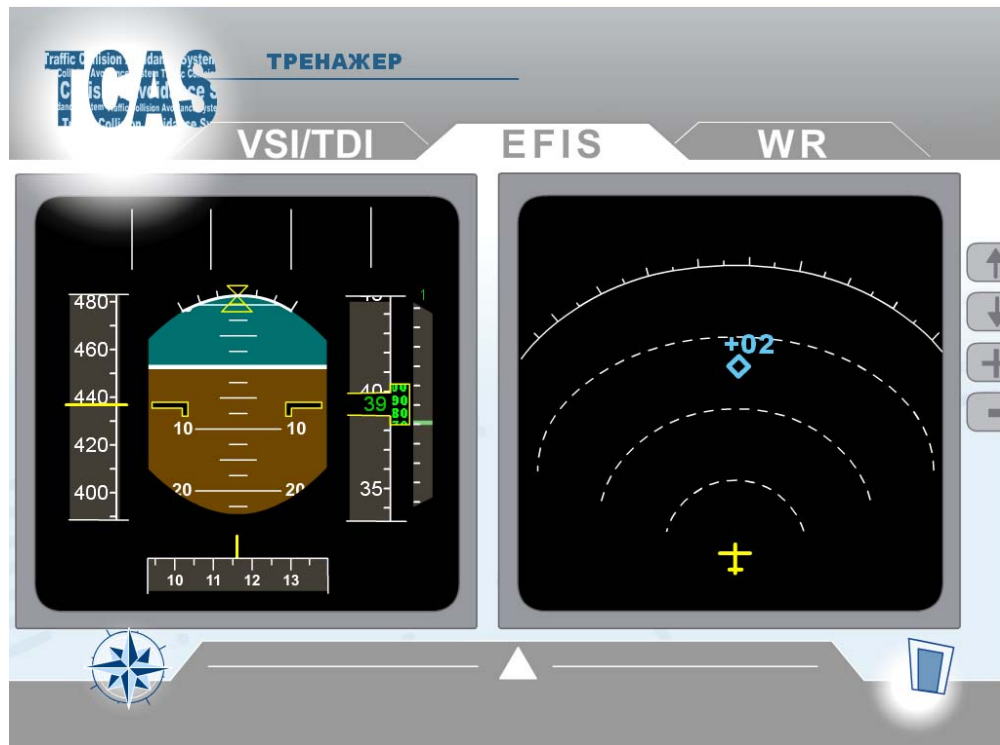


Рисунок 4.5. Інтерфейс дисплея EFIS тренажеру TCAS.

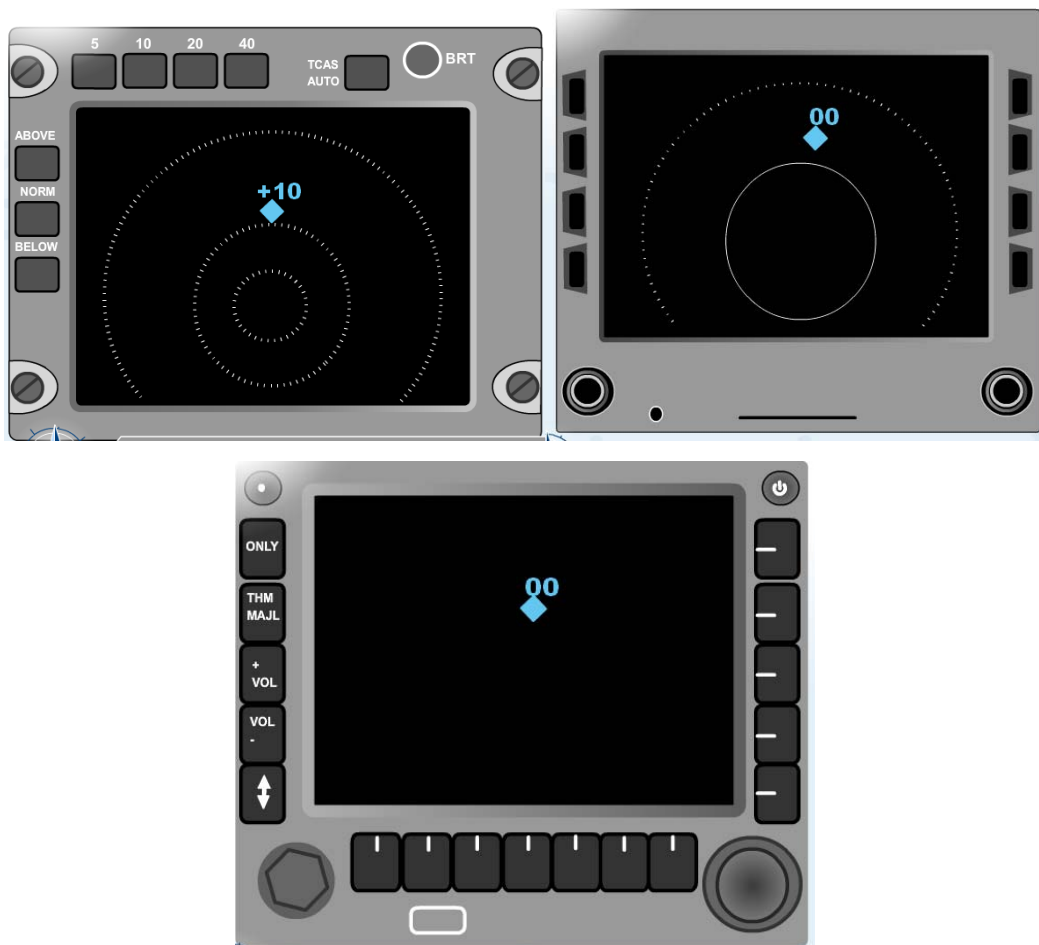


Рисунок 4.6. Інтерфейс дисплея WR тренажеру TCAS, у різних модифікаціях.

Керування системою TCAS здійснюється за допомогою пульта керування розміщеного у кабіні екіпажа. Існує декілька модифікація пульта керування. (Рис. 4.7.) На даному тренажері можливо використовувати любий с представлених пультів.

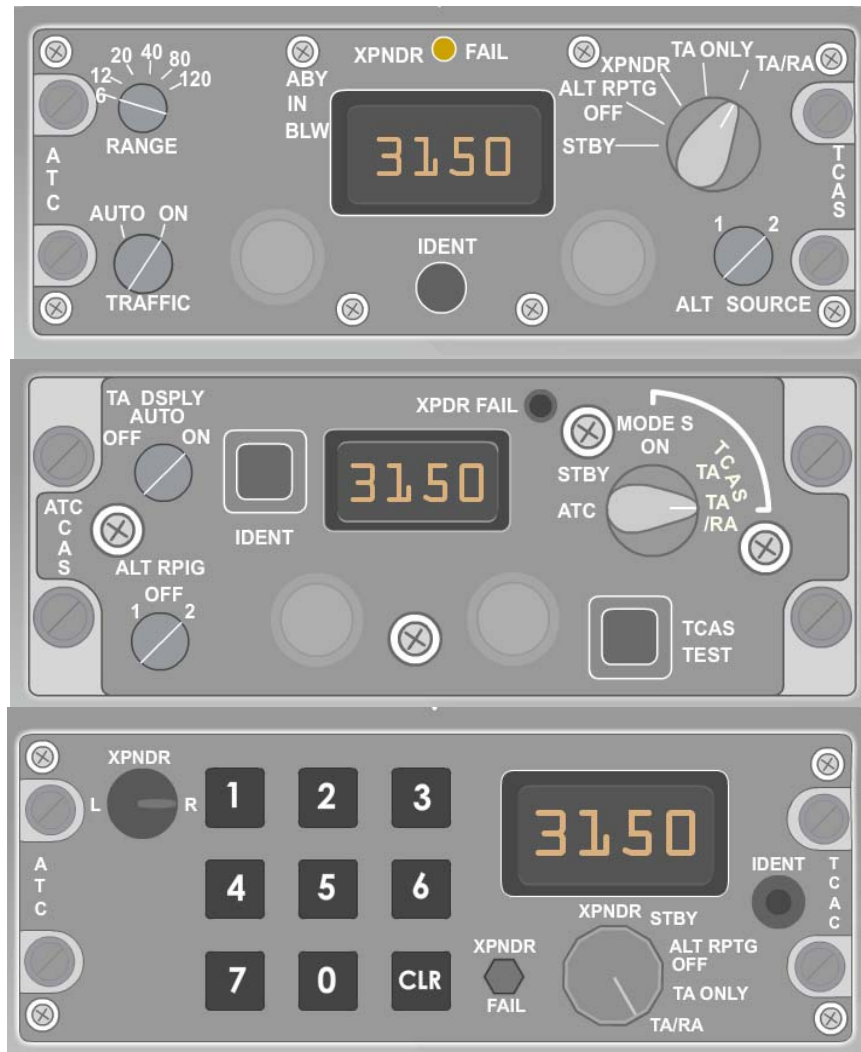
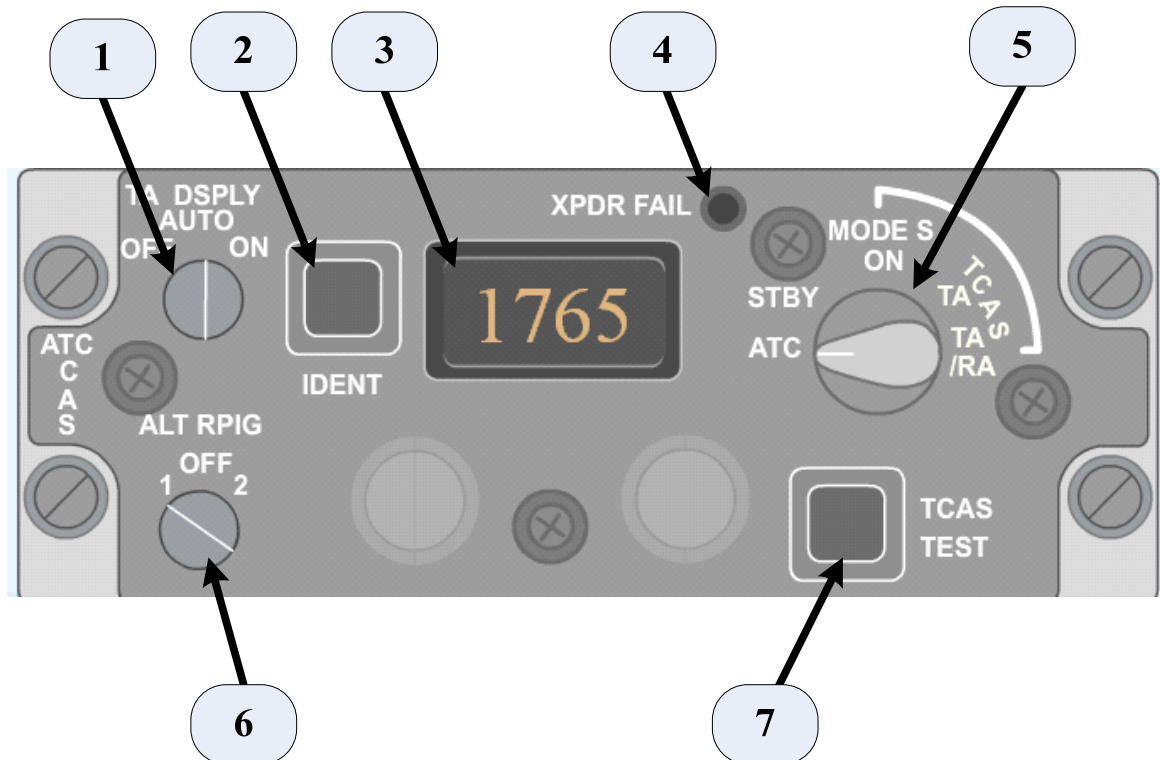


Рисунок 4.7. Пульти керування TCAS

Пульт керування TCAS з літаковим відповідачем режиму S містить такі основні кнопки (рис. 4.8.):



1. Перемикач «TRAFFIC»
2. Кнопка «IDENT»
3. Вікно значень коду відповідача
4. Лампочка відмови відповідача «XPDR FAIL»
5. П'ятипозиційний перемикач режимів.
6. Кнопка «ALT SOURCE»
7. Кнопка «TCAS TEST»

Рисунок 4.8. Пульта керування TCAS з літаковим відповідачем режиму S

Перемикач «TRAFFIC» (об'єкт повітряного руху)

Перемикач знаходиться в положенні «OFF», коли система TCAS не функціонує.

Перемикач знаходиться в положенні «AUTO», коли система TCAS функціонує. У цій ситуації на дисплеї відображаються всі RA, TA і об'єкти повітряного руху, що наближаються, це допомагає пілоту краще зорієнтуватися в ситуації. Інші об'єкти повітряного руху на дисплеї не відображаються.

Перемикач знаходиться в положенні «ON», коли система TCAS функціонує (тобто перемикач вибору режиму знаходиться в положенні «TA ONLY» або «TA / RA»).

Кнопка «IDENT» (ідентифікація). Запускає літаковий відповідач на передачу сигналу. Інформація передається з борту ПК протягом 18 секунд, після натискання.

Вікно значень коду відповідача. У цьому вікні відображається встановлений чотирьохзначний код відповідача режиму-S (код «4096»).

Лампочка відмови відповідача «XPNDR FAIL». Вона загоряється жовтим кольором у випадку, коли відбувається відмова системи відповідача режиму-S.

П'ятипозиційний перемикач режимів. Перемикач займає п'ять положень:

- Перемикач знаходиться в положенні «TA / RA», система TCAS працює у нормальному режимі експлуатації;

- Перемикач знаходиться в положенні «TA», система TCAS передає тільки попередження про повітряну обстановку;

- Перемикач знаходиться в положенні «STBY». Відповідач режиму-S перемикається в режим гарячого резерву, а система TCAS відключається;

- Перемикач знаходиться в положенні «ATC», увімкнений тільки літаковий відповідач;

- Перемикач знаходиться в положенні «MODE S ON», літаковий відповідач працює в режимі S.

Кнопка «ALT SOURCE» (джерело вимірювання висоти польоту). За допомогою цього двопозиційного перемикача виконується вибір в якості джерела даних про барометричну висоту польоту від висотоміра першого пілота або висотоміра другого пілота.

Кнопка «TCAS TEST». При її короткочасному натисканні включається функція самотестування системи TCAS.

4.4. Моделювання логіки БСПЗ

Система TCAS видає через систему гучномовного зв'язку в кабіні екіпажу 14 мовних попереджень, рекомендацій або повідомлень, не рахуючи перевірочних. Ці 14 повідомлень супроводжуються візуальним зображенням на дисплеї.

Попередження про повітряну обстановку «TRAFFIC - TRAFFIC»

Дане попередження передається в тому випадку, коли система TCAS прогнозує, що через 20-48 секунд конфліктний літак увійде до зони зіткнення. Одночасно на дисплеї VSI / TRA відображається суцільний круг янтарного кольору, який вказує місцезнаходження конфліктного літака, дальність і відносний пеленг. При необхідності на дисплеї відображається інформація про відносну висоту, а також про зміну висоти польоту (набір висоти або зниження) об'єкта, що спостерігається.

На попередження «TRAFFIC - TRAFFIC» екіпаж літака повинен виконати візуальний пошук конфліктного літака. Якщо конфліктний літак знайдений, необхідно стежити за його рухом для забезпечення безпечного розділення.

Превентивна рекомендація RA «MONITOR VERTICAL SPEED - MONITOR VERTICAL SPEED»

Ця рекомендація носить попереджувальний характер. Пілот повинен керувати вертикальною швидкістю літака таким чином, щоб стрілка покажчика вертикальної швидкості (VSI) перебувала поза ділянкою на шкалі VSI, позначеною червоним кольором. Також передбачається, що пілот зводить до мінімуму відхилення від траєкторії польоту, заданої службою керування повітряним рухом (КПР) з тим, щоб зменшити несприятливий вплив на керування повітряним рухом в цілому.

Коректуюча рекомендація по вирішенню конфлікту «CLIMB - CLIMB»

Дана команда вимагає набору висоти з вертикальною швидкістю, що вказується зеленою дугою на дисплеї VSI / TRA від 1500 до 2000 футів в

хвилину. На дисплеї VSI червона дуга простягається від граничного від'ємного значення на шкалі до 1500 футів в хвилину, а зелена дуга тягнеться від 1500 до 2000 футів в хвилину.

При даному повідомленні екіпажу необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та плавно перевести літак в набір висоти з вертикальною швидкістю від 1500 до 2000 футів в хвилину.

Повідомлення «DESCEND - DESCEND»

Дана команда вимагає зниження з вертикальною швидкістю, що вказується зеленою дугою на дисплеї VSI / TRA від 1500 до 2000 футів в хвилину. На дисплеї VSI червона дуга простягається від граничного позитивного значення на шкалі до -1500 футів в хвилину, а зелена дуга простягається від -1500 до -2000 футів в хвилину.

При даному повідомленні екіпажу необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та плавно перевести літак в зниження висоти з вертикальною швидкістю від 1500 до 2000 футів в хвилину.

Повідомлення «CLIMB, CROSSING CLIMB - CLIMB, CROSSING CLIMB»

Дана команда вимагає набору висоти з вертикальною швидкістю, що зображується зеленою дугою на дисплеї VSI / TRA від 1500 до 2000 футів в хвилину. На дисплеї VSI червона дуга простягається від граничного від'ємного значення на шкалі до 1500 футів в хвилину, а зелена дуга тягнеться від 1500 до 2000 футів в хвилину.

При даному повідомленні екіпажу необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та плавно перевести літак в набір висоти з вертикальною швидкістю від 1500 до 2000 футів в хвилину.

Повідомлення «DESCEND, CROSSING DESCEND - DESCEND, CROSSING DESCEND»

Дана команда вимагає зниження з вертикальною швидкістю, що вказується зеленою дугою на дисплеї VSI / TRA від 1500 до 2000 футів в хвилину. На дисплеї VSI червона дуга простягається від граничного позитивного

значення на шкалі до -1500 футів в хвилину, а зелена – простягається від -1500 до -2000 футів в хвилину.

При повідомленні «DESCEND, CROSSING DESCEND - DESCEND, CROSSING DESCEND» екіпажу необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та плавно перевести літак в зниження з вертикальною швидкістю від 1500 до 2000 футів в хвилину.

Рекомендація «INCREASE CLIMB - INCREASE CLIMB»

Дана команда вимагає збільшення вертикальної швидкості набору висоти до значень, що вказуються зеленою дугою на дисплеї VSI / TRA - від 2500 до 3000 футів в хвилину.

На дисплеї VSI червона дуга простягається від граничного від'ємного значення на шкалі до 2500 футів в хвилину, а зелена дуга тягнеться від 2500 до 3000 футів в хвилину. Таке повідомлення вказує на те, що для забезпечення адекватного розділення, вертикальна швидкість повинна бути збільшена.

Екіпажу необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та плавно збільшити швидкість набору висоти до вертикальної швидкості від 2500 до 3000 футів в хвилину.

Рекомендація «INCREASE DESCENT - INCREASE DESCENT»

Дана команда вимагає збільшення вертикальної швидкості зниження до значень, що вказуються зеленою дугою на дисплеї VSI / TRA - від 12,5 до 15 метрів в секунду (від 2500 до 3000 футів в хвилину).

На дисплеї VSI червона дуга простягається від граничного позитивного значення на шкалі до -2500 футів в хвилину, а зелена дуга простягається від -2500 до -3000 футів в хвилину.

Необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та негайно і плавно збільшити швидкість зниження і досягти вертикальної швидкості від 2500 до 3000 футів в хвилину.

Повідомлення «CLIMB, CLIMB NOW! - CLIMB, CLIMB NOW! »

Дане повідомлення подається слідом за виданою раніше рекомендацією RA щодо зниження у випадку, коли система TCAS визначає, що для

забезпечення достатнього вертикального поділу потрібна зміна напрямку вертикальної швидкості на протилежне. Задана вертикальна швидкість для такого маневру набору висоти відповідає зеленій дузі і становить від 1500 до 2000 футів в хвилину.

На дисплеї VSI червона дуга простягається від граничного від'ємного значення на шкалі до 1500 футів в хвилину, а зелена дуга тягнеться від 1500 до 2000 футів в хвилину.

Необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та негайно перевести літак в набір висоти з вертикальним перевантаженням 0,35 g до досягнення вертикальної швидкості набору від 1500 до 2000 футів в хвилину.

Повідомлення «DESCEND, DESCEND NOW! - DESCEND, DESCEND NOW! »

На дисплеї VSI червона дуга простягається від граничного позитивного значення на шкалі до -1500 футів в хвилину, а зелена дуга простягається від -1500 до -2000 футів в хвилину.

Екіпажу необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та негайно перевести літак на зниження з вертикальним перевантаженням 0,35 g до досягнення вертикальної швидкості зниження від 1500 до 2000 футів в хвилину.

Рекомендація «ADJUST VERTICAL SPEED, ADJUST»

Дана рекомендація включає в себе різні команди щодо зміни швидкості набору висоти, метою яких є скоротити їх до мінімуму.

Задана вертикальна швидкість для даної зеленої дуги вимагає зниження вертикальної швидкості, набраної в даний момент.

На дисплеї VSI червоною дугою вказуються заборонені значення вертикальної швидкості. Мета маневру – плавне досягнення літаком рекомендованої вертикальної швидкості, що відповідає діапазону, позначеним зеленою дугою.

Екіпажу необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та плавно зменшити вертикальну швидкість до значень, позначених на дисплеї VSI зеленою дугою.

Рекомендація «MAINTAIN VERTICAL SPEED, MAINTAIN»

Справжня вертикальна швидкість знаходиться поза червоною зоною заборонених вертикальних швидкостей, як представлено на дисплеї VSI.

Необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та підтримувати вертикальну швидкість в зоні зеленої дуги – поза червоною небезпечною зоною, як показано на дисплеї VSI. Прийнятна справжня вертикальна швидкість набору або зниження в межах від 4400 до 6000 футів в хвилину.

Рекомендація «MAINTAIN VERTICAL SPEED, CROSSING MAINTAIN»

На дисплеї VSI, заборонені вертикальні швидкості показані червоною дугою, а потрібні - зеленою.

Екіпажу необхідно відключити автопілот (якщо він був включений) та плавно скорегувати вертикальну швидкість до тієї, яка вказана зеленим полем, але не приводить в положення червоної зони. Прийнятна справжня вертикальна швидкість набору висоти від 3200 до 4000 футів в хвилину або зниження від 2600 до 3300 футів в хвилину.

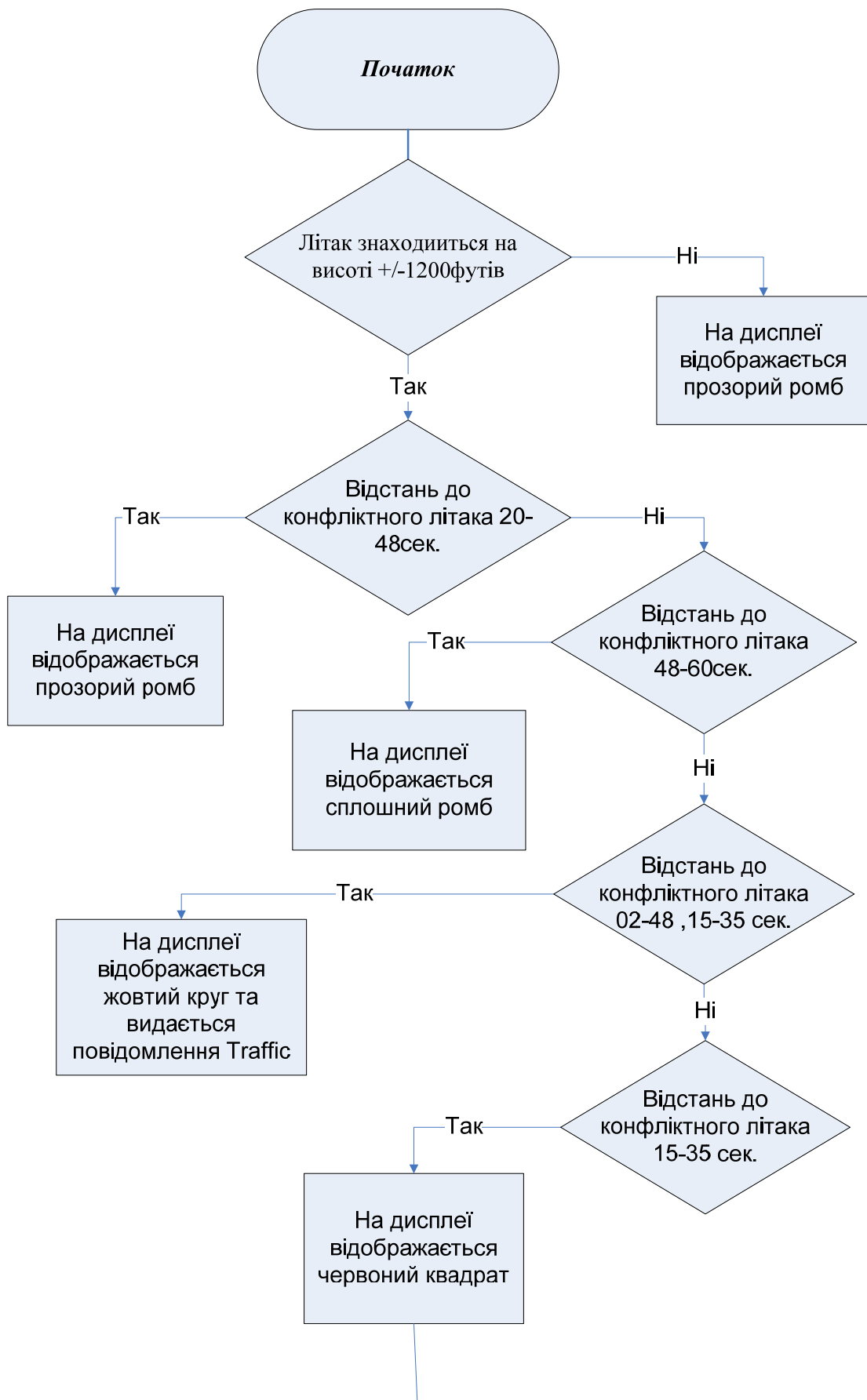
Повідомлення «CLEAR OF CONFLICT»

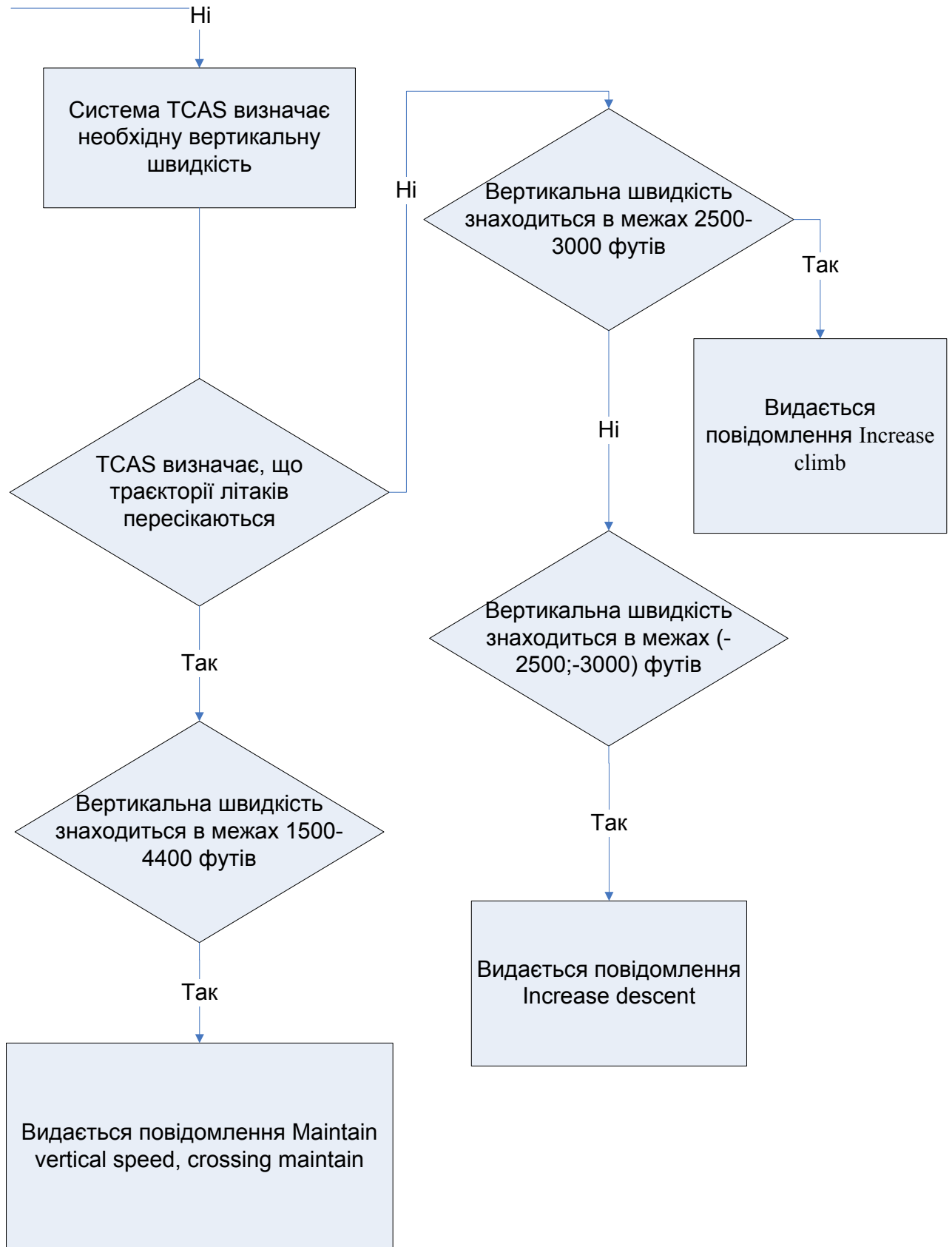
Дане повідомлення видається один раз і підтверджує, що небезпечне зближення припинено і вертикальне розділення збільшується. Передбачається, що після цього повідомлення літак повернеться до початкового профілю польоту, заданим службою КПП.

На дисплеї VSI зникають червона і зелена дуги; символ конфліктного літака не відображається більше у вигляді червоного квадрата.

Якщо немає інших вказівок, то екіпаж літака плавно повертається і / або витримує траєкторію польоту, що відповідає останньому дозволеному службою КПП профілю польоту. Необхідно сповістити службу КПП про повернення до початкового режиму польоту.

4.5 Алгоритм роботи електронного тренажеру





Висновки

Розроблений електронний тренажер системи попередження зіткнень літаків направлений на вивчення принципів функціонування системи та набуття навичок взаємодії з системою керування та відображення. Представлений модуль моделювання зустрічного повітряного руху відтворює простий сценарій конфліктної ситуації з вибором випадкової траєкторії руху. Це дозволяє користувачу стикатися кожен раз з різною ситуацією та відпрацьовувати реакцію на різні повідомлення TCAS. Інтерактивний інтерфейс ЕНК дозволяє набути навичок роботи з системою TCAS та відпрацювати різні варіанти відмов системи.

Побудова ЕНК орієнтована на забезпечення доступу через мережу Інтернет дозволяє користуватися ним великій кількості користувачів без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення на комп'ютері. Крім того доступ до навчальних ресурсів забезпечується з будь-якого мобільного пристрою.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У розробленому ЕНК подано необхідну базу знань для вивчення принципів побудови та функціонування системи попередження зіткнень літаків TCAS. Електронний тренажер сприяє набуттю навичок користування системою TCAS, дозволяє навчитися орієнтуватися у повітряній ситуації, що склалася та вірно виконувати рекомендації системи.

ЕНК реалізовано з використанням сучасних мультимедійних технологій, з використанням доступу до навчальних матеріалів через мережу Інтернет. Оптимізація розмірів файлової системи ЕНК дозволяє дистанційно користуватися ним великій кількості користувачів незалежно від лінії передачі даних.

Застосування подібних ЕНК дозволяє покращити розуміння принципів функціонування системи та сприяє покращенню якості підготовки фахівців.

В даній роботі наведена детальна інформація та відповідні ілюстрації, що характеризують етапи розробки електронного підручника, принципи функціонування та складові елементи електронного підручника.

В результаті виконання поставлених задач щодо розробки електронного підручника було отримано цілісне середовище функціонування електронного підручника, що включає зручний інтерфейс користувача та систему модулів, що може ефективно використовуватись студентами в ході практичної підготовки та самостійного навчання.

Проведений комплекс заходів з розробки електронного підручника дозволив зробити структуру електронного підручника, зміст усіх його компонентів у повній відповідності до умов технічного завдання.

Розроблений електронний підручник має таку гнучку модульну структуру, що може бути досить легко розмішений на публічному веб-ресурсі та застосовуватися для вільного доступу користувачів для самостійного навчання.

У даній роботі розглянуто та перечислено небезпечні та шкідливі фактори, що виникають під час експлуатації комп'ютера. Основними з яких являються колір і коефіцієнти віддзеркалення, освітлення, параметри мікроклімату, шум, вібрація та ін. Описано негативний вплив електромагнітного випромінювання на навколишнє середовище. Запропоновано технічні заходи, що знижують вплив небезпечних та шкідливих факторів на технічних персонал. Також складена детальна інструкція з техніки безпеки, пожежної й вибухової безпеки при роботі з комп'ютером, під час використання електронного навчального комплексу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Adobe Flash CS4 / Adobe Systems Inc / Руководство пользователя.* : М. – 2007. – С. 246.
2. *Adobe Flash CS4 / Бурлаков М. В. / Самоучитель.* : М. - 2007– С. 342
3. *Brudnicki D.J., McFarland A. L.* User request evaluation tool (URET) conflict probe performance and benefits assessment”. Report MP97W0000112. The MITRE Corporation. – 1997. – P. 2–18.
4. *Eby M., Kelly W.* Free flight separation assurance using distributed algorithms // Proc. 1999 IEEE Aerospace conf., Snowmass. – 1999. – P. 429–441.
5. *Introduction to TCAS II Version 7 / Federal Aviation Administration – U.S.* department of transportation – 2000. – 45p.
6. *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.
7. *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.
8. *Meckiff C., Gibbs P.* PHARE Highly Interactive Problem Solver // Eurocontrol Experimental Centre. Report 273/94. – 1994. – P. 2–6.
9. *Overview of ACAS II / TCAS II.* - Eurocontrol – 2009. – 32 p.
10. *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.
11. *Ratcliffe S.* Collision avoidance and the Future Air Traffic Control // Journal of Navigation. – 1973. – Vol. 26. – 4. – P. 423-430.
12. *Solomina N.O. E-learning software of TCAS / N.O. Solomina, I.V. Ostroumov // Problems of navigation and Air traffic management. International*

Scientific-Practical Conference of Researches and Students, November 23 – 24, 2010 : theses. – К., 2010. – 36р.

13. *Sun flight avionics training*: <http://www.electronicflight.com>

14. *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.

15. *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.

16. Автоматизированная система дистанционного обучения и контроля знаний TCAS 2000 (Change 7):<http://www.sisadminov.net/tcas/>

17. 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.

18. Безопасность полетов летательных аппаратов: (Методические основы) /А.И. Стариков, В.Я. Зачеса, Н.Н. Зинковский и др. – М.:Транспорт, 1988, 159с.

19. Безпека авіації / [В. П. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов та ін.]. - К.: Техніка, 2004. - 584 с.

20. Беляевский Л.С., Новиков В.С. Обработка и отображение радионавигационной информации. – М.: Радио и связь, 1990. – 232 с.

21. В.П. Харченко Основи теорії прийняття рішень в системі обслуговування повітряного руху / В.П. Харченко, Ю.В. Чинченко, І.В. Остроумов // Електронний підручник для ВНЗ. : - К., 2010

22. В.П. Харченко, Д.О. Корчунов Метричний простір ситуацій повітряного руху літальних апаратів // Вісн. НАУ. – 2002. – №3. – С. 63–68.

23. 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.

24. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Введ. 01.07.84.

25. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - Введ. 01.01.89.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

39. 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.

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

41. 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.

42. 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.

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

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

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

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

47. Остроумов І.В. Електронний навчальний комплекс системи попередження зіткнень літаків у повітрі / І.В. Остроумов, Ю.В. Чинченко, // Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем : Міжнародна науково-практична конференція, 27-28 жовтня 2010 р. : матеріали конференції. – Кіровоград, 2010. – С. 19–22.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

57. Столярчук Т. М. Безпека повітряного руху – основна умова виконання польотів / Т. М. Столярчук, І. В. Остроумов // Політ-2008 : міжнародна наукова

конференція студентів та молодих вчених, 10-11 квітня 2008 р.: тези докл. - К., 2008. – С. 146.

58. Столярчук Т.М. Електронний тренажер системи попередження зіткнення літаків у повітрі / Т.М. Столярчук, І. В. Остроумов // Політ-2010. Сучасні проблеми науки : міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів, 7-9 квітня 2010 р.: тези докл. - К., 2010. - С. 34.

59. 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. Загора, І. В. Остроумов, І. О. Гончаров, Т. М. Столярчук. - К.: НАУ, 2008. - 142 с.

60. Чинченко Ю.В. Застосування електронних підручників для підготовки диспетчерів / Ю.В. Чинченко, І.В. Остроумов // Сучасні інформаційні технології в управлінні та професійній підготовці операторів складних систем : Міжнародна науково-практична конференція, 28-29 жовтня 2009 р. : матеріали конференції. – Кіровоград, 2009. – С. 201–204.

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

**Додаток А. Фрагмент коду комп'ютерної програми виконаний на мові
програмування Action Script II**

```

t = 0.5;
//МОЯ ВЫСОТА
//_global.v_speed=-6
if(!_global.v_speed){_global.v_speed=0}
_global.my_altitude=_global.my_altitude+_global.v_speed
// отображение вертикальной скорости
/*
if(_global.v_speed>=-1000/60 and _global.v_speed<=1000/60){
arroww._rotation=60*_global.v_speed*0.06
}else if(_global.v_speed>1000/60 and _global.v_speed<=2000/60){
arroww._rotation=60+(_global.v_speed-1000/60)*40*0.06
}else if(_global.v_speed>2000/60 and _global.v_speed<=3000/60){
arroww._rotation=100+(_global.v_speed-2000/60)*30*0.06
}else if(_global.v_speed>3000/60 and _global.v_speed<=4000/60){
arroww._rotation=130+(_global.v_speed-3000/60)*18*0.06
}else if(_global.v_speed>4000/60 and _global.v_speed<=6000/60){
arroww._rotation=148+(_global.v_speed-4000/60)*16*0.06
}else if(_global.v_speed<-1000/60 and _global.v_speed>=-2000/60){
arroww._rotation=-60+(_global.v_speed+1000/60)*43*0.06
}else if(_global.v_speed<-2000/60 and _global.v_speed>=-3000/60){
arroww._rotation=-103+(_global.v_speed+2000/60)*25*0.06
}else if(_global.v_speed<-3000/60 and _global.v_speed>=-4000/60){
arroww._rotation=-127+(_global.v_speed+3000/60)*18*0.06
}else if(_global.v_speed<-4000/60 and _global.v_speed>=-6000/60){
arroww._rotation=-145+(_global.v_speed+4000/60)*17*0.06}
*/
// масштаб

```