

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра аеронавігаційних систем

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Шмельова Т.Ф.  
" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**  
ВИПУСКНИЦІ ОСВТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ  
"СПЕЦІАЛІСТ"

Тема: Бортова система візуалізації повітряної обстановки літака малої авіації

Виконавець: Момот А. С.

Керівник: Остроумов І.В.

Нормоконтролер: Ларін В. Ю.

Київ 2016

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут Аеронавігації \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ аеронавігаційних систем \_\_\_\_\_

Спеціальність (спеціальність) 7.07010203 «Системи аеронавігаційного  
обслуговування» \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Шмельова Т.Ф.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломного проекту**

Момот Анни Сергіївни \_\_\_\_\_

1. Тема дипломного проекту Бортова система візуалізації повітряної обстановки літака малої авіації \_\_\_\_\_

затверджена наказом ректора від "" р. № 2393/ст від 15.10.2015 \_\_\_\_\_

2. Термін виконання проекту: з 01.11.15 по 10.01.16

3. Вихідні дані до проекту: структурна схема бортової системи візуалізації повітряної обстановки з інтегрованим алгоритмом позиціонування літаків за інформацією від далекомірних та кутомірних аеронавігаційних систем.

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз принципів побудови системи відображення польотної інформації, основні вимоги до системи відображення даних, дослідження інтегрованої системи відображення польотної інформації для літаків малої авіації, проведення аналізу алгоритму та розробка позиціонування у системі відображення польотної інформації.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: результати моделювання, графіки, отримані в результаті моделювання помилок GPS, INS, NAVAID, отримані за даними таблиці, та формул.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Аналіз джерел навігаційної інформації.	01.11.15– 11.11.15	
2.	Аналіз принципів побудови систем електронної індикації	12.11.15– 16.11.15	
3.	Підготовка та написання 1 розділу «Вимоги до складу бортового обладнання»	17.11.15– 25.11.15	
4.	Розробка ТЗ на дипломний проект.	26.11.15– 29.11.15	
5.	Підготовка та написання 3 розділу «Бортове обладнання літака легкої авіації»	30.12.15– 04.12.15	
6.	Підготовка та написання 4 розділу «Електронна система відображення повітряної обстановки»	05.12.15– 09.12.15	
7.	Аналіз методів позиціонування	10.12.15– 21.12.15	
8.	Написання 5 розділу «Позиціонування літака легкої авіації»	22.12.15– 24.12.15	
9.	Створення програми в середовищі Matlab	25.12.15– 06.01.16	
10.	Результати моделювання	06.01.16– 8.01.16	
11.	Підготовка презентації та доповіді	08.01.16– 10.01.16	

8. Дата видачі завдання: " 15 " жовтня 2015 р.

Керівник дипломного проекту Остроумов Іван Вікторович  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання Момот Анна Сергіївна  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту спеціаліста «Бортова система візуалізації повітряної обстановки літака малої авіації» : 105 с., 48 рис., 1 табл., 1 додаток, 32 використаних джерела.

Об'єкт дослідження – Бортова система візуалізації повітряної обстановки літака малої авіації.

Мета розробки – оцінювання похибок вимірювання координат (GNSS, ILS, Nav aids) системи FDVS.

На сьогоднішній день авіація здобула стрімкого розвитку і потребує подальшого вдосконалення засобів аеронавігаційного обслуговування, Агентство NASA розробило систему, котра дозволить пілотам управляти літаком вночі або в поганих погодних умовах, як в ясний день. Система синтетичного бачення використовує дані супутникової навігації GPS та іншу інформацію від приладів літака, щоб визначити його точне положення в просторі за усіма координатами і кутами нахилу. З бази даних отримують тривимірну карту місцевості складену з високим розширенням. Через напівпрозоре скло комп'ютер накладає синтетичне тривимірне і кольорове зображення пейзажу під літаком на справжній вигляд, що відкривається через лобове скло. Таким чином, для пілота зникають хмари і туман, крім того, тепер пілот зможе бачити вночі, як вдень. Окрім об'ємного пейзажу, що збігається з реальним, на лобове скло накладається навігаційна інформація і дані про стан літака в просторі (підйомі, зниженні, висоті польоту). NASA вважає, що впровадження цієї системи в авіацію допоможе знизити кількість зіткнень з землею, що відбулися в умовах поганої видимості, так як пілоти не встигають вчасно зорієнтуватися з традиційним приладами розташованими на легких літальних апаратах.

**FDVS, ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА, ПОЗИЦІОНУВАННЯ, МАЛА АВІАЦІЯ, ЛЕГКІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ.**

## АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....</b>	<b>1</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>1</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ВИМОГИ ДО СКЛАДУ БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>2</b>
1.1. Аналіз нормативної документації .....	2
1.2. Вимоги до складу бортового обладнання відповідно до вимог Європейської організації авіаційної безпеки EASA.....	3
1.3. Вимоги до складу бортового обладнання відповідно до CS-23.....	4
1.4. Аналіз принципів побудови систем електронної індикації.....	9
<b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 .....</b>	<b>13</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ .....</b>	<b>14</b>
2.1. Найменування дипломного проекту .....	14
2.2. Підстава для проведення дипломної роботи.....	14
2.3. Мета і призначення роботи.....	14
2.4. Вихідні дані для проведення роботи.....	14
2.5. Очікувані наукові результати і порядок їхньої реалізації .....	15
2.6. Вимоги до виконання роботи .....	16
2.7. Етапи роботи і терміни їх виконання .....	16
<b>РОЗДІЛ 3. БОРТОВЕ ОБЛАДНАННЯ ЛІТАКА ЛЕГКОЇ АВІАЦІЇ.....</b>	<b>18</b>
3.1 . Структурна схема бортового обладнання.....	18
3.2. Пілотажно-навігаційне обладнання літака.....	21
3.3. Обчислювальна система літаководіння .....	32
<b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 .....</b>	<b>42</b>
<b>РОЗДІЛ 4. ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ВІДОБРАЖЕННЯ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ.....</b>	<b>43</b>
4.1. Загальні принципи побудови .....	43
4.2. Структурна схема системи.....	45
4.3. Відображення інформації на склі.....	50
4.4. Режими відображення інформації.....	54

<b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4 .....</b>	<b>57</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЛІТАКА ЛЕГКОЇ АВІАЦІЇ.....</b>	<b>58</b>
5.1. Супутникова система позиціонування .....	58
5.2. Позиціонування за далекомірним обладнанням.....	64
5.3. Позиціонування за кутомірними радіомаяками .....	74
5.4. Позиціонування у мережі мобільного зв'язку .....	78
5.4. Методика позиціонування за наземними радіомаяками.....	88
5.5. Результати комп'ютерного моделювання .....	90
<b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5 .....</b>	<b>96</b>
<b>ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОЕКТУ .....</b>	<b>97</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>99</b>
Додаток А. ....	102
Програмний код для середовища Matlab.....	102

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ADF – (*Automatic Direction Finder*) Автоматичний радіокомпас;
- ATA – (*Air Transport Association*) Асоціація повітряного транспорту;
- DME – (*Distance Measuring Equipment*) далекомірне обладнання;
- EASA – (*European Aviation Safety Agency*) Європейська організація авіаційної безпеки;
- ECEF – (*Earth-centered earth-fixed*) глобальна декартова система координат;
- FAA - (*Federal Aviation Administration*) Федеральне управління цивільної авіації;
- FANS – (*Future Air Navigation System*) Майбутня аеронавігаційна система;
- FDVS – (*Flight Data Vision System*) система візуалізації повітряної інформації;
- FMS – (*Flight Management system*) Обчислювальна система літаководіння;
- FPBN – (*Full Performance Based Navigation*) Навігація, що ґрунтується на максимальній корисності;
- GNSS– (*Global Navigation Satellite System*) система глобальної супутникової навігації;
- ICAO – (*International Civil Aviation Organization*) Міжнародна організація цивільної авіації;
- ILS – (*Instrument Landing System*) Радіотехнічна система посадки повітряних кораблів метрового діапазону хвиль;
- JAA - (*Joint Aviation Authorities*) Об'єднана авіаційна адміністрація;
- JAR – (*Joint Aviation Requirements*) загальні авіаційні вимоги;
- JTSO - (*Joint Technical Standard Order*) Регламент загальних технічних стандартів;
- LAAS – (*Local Area Augmentation System*) системи локальної області;
- LLA – (*Latitude Longitude Altitude*) геоцентрична система координат;
- MCDU - (*Multifunction Control and Display Unit*) багатофункціональні блоки контролю та відображення;



NASA – (*National Aeronautics and Space Administration*) Національне управління з аеронавтики і дослідження космічного простору;

NAVAID – (*Navigation Aid*) навігаційні засоби;

RTCA – (*Radio Technical Commission for Aeronautics*) Радіотехнічна комісія з питань аеронавтики;

SAE - (*Society of Automotive Engineers*) Асоціація конструкторів рухомих машин;

SVS – (*Synthetic Vision System*) Система синтетичного бачення;

TCAS - (*Traffic alert and Collision Avoidance System*) системи попередження зближення літаків у повітрі;

VOR – (*Omnidirectional Radio Range*) всебічно направлений надвисокочастотний радіомаяк;

АРК - Автоматичний радіокомпас;

ЗПС - злітно-посадкової смуги;

ІНС - Інерціальна навігаційна система;

ЛЛА - Легкий літальний апарат;

ПК - повітряний корабель;

РВ - Радіовисотомір ;

СНС - Супутникова навігаційна система;

СВС - Система повітряних сигналів;

\

## ВСТУП

### Актуальність

Сьогодні літаки мають спеціальні електронні системи, які допомагають під час посадки. Однак повністю покладатися на них не можна. Як приклад - катастрофа польського авіалайнера під Смоленськом у Росії, в якій загинули майже 100 людей.

Американська компанія Honeywell представила унікальну систему "синтетичного бачення" (Synthetic Vision System) для літаків. Вона дозволяє пілотам бачити на моніторах чітке зображення того, що відбувається за бортом за будь-яких погодних умов. Замість традиційного виведення технічної інформації, система подає на екрани детальну графічну тривимірну картинку ландшафту. Це означає, що навіть при нульовій видимості пілоти зможуть чудово бачити куди летять.

Інноваційна система допоможе пілотам краще орієнтуватися у ситуації. Синтетичне бачення зробить авіацію ефективнішою та безпечнішою.

Представлена технологія забезпечує пілотів точною навігацією. Літак не відхилятиметься від обраного курсу, завдяки цьому політ буде більш ефективним.

До складу системи "синтетичного бачення" входить унікальна програма SmartLanding. Вона ідентифікує посадкову смугу, своєчасно надає візуальні та звукові підказки членам екіпажу, якщо літак приземляється на надто великій висоті, рухається зашвидко чи взагалі не готовий сідати. Коли приземлення відбувається при поганій видимості чи сильному вітрі, дисплей показує де знаходиться посадкова смуга. Якщо вітер бічний, літак може зійти з курсу і опинитися збоку, але завдяки системі пілот точно знатиме де шукати смугу.

					<i>7.07010203 НАУ 16 07 36 000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Момот А.С.</i>				<i>Бортова система візуалізації повітряної обстановки літака малої півлінії</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Остроумов І.В.</i>						<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ларін В.Ю.</i>					<i>ІАН, каф. АНС, гр.А0620</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Шмельова Т.Ф.</i>							

## Мета роботи

Оцінювання похибок вимірювання координат (GNSS, ILS, NavAids) системи FDVS.

## Завдання

Для досягнення даної мети потрібно поставити перед собою такі завдання:

1. Провести аналіз джерел навігаційної інформації на борту цивільного ПК.
2. Аналіз доступних методів позиціонування ПК.
3. Розробити методику позиціонування за інформацією кутомірних та далекомірних систем.
4. Створити програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання запропонованої методики.

## Об'єкт

Об'єктом дипломного проекту – методи позиціонування за кутомірною та далекомірною інформацією.

## Предмет

Предметом дипломного проекту – оцінювання координат місцеположення ПК.

## Методи дослідження

Під час виконання дипломного проекту використовувались методи імітаційного моделювання з використанням комп'ютерної техніки.

					7.07010203 НАУ 13 03 45 000 ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОЕКТУ

Дослідження теоретичних основ і практичної організації дозволили зробити наступні висновки.

Перш за все була розглянута FDVS і як вона працює. Аналіз принципів побудови, структури, технічної підтримки, впровадження на всіх етапах польоту, розробці алгоритму і програмної реалізації інтегрованої системи бачення польотних даних для Легких Літальних Апаратів. Також ми розглянули структурну схему FDVS і її компонентів.

У даній роботі ми провели аналіз позиціонування літака з залежністю від системних помилок, були досліджені системи GNSS, INS, навігаційні засоби і проілюстрований алгоритм структури системи. За допомогою геоінформації функція Geoshow представляє карту України з координатами широти і довготи і восьми VOR / DME станцій.

У даній роботі був використаний імітаційний метод комп'ютерної симуляції, для поліпшення GNSS, INS, помилки навігаційних засобів і місце розташування VOR/DME станцій.

Після серії досліджень ми робимо наступні висновки:

Впровадження цієї системи в авіації допоможе знизити число зіткнень з землею, що відбулися в умовах поганої видимості, коли пілоти не встигали перейти до традиційних інструментів в літаках. Встановлення систем бортового обладнання, дозволить підвищити рівень безпеки польотів та істотно знизити витрати на авіаперевізників, які, пов'язані з затримками авіарейсів зв'язку з різними несприятливими погодними умовами. Використання FDVS економить час, а також витрати палива. Найбільша проблема аеропортів - низький ступінь видимості. За даними Української авіаційної адміністрації, 50% затримок є результатом поганих погодних умов. Технологія FDVS може скоротити кількість

					7.07010203 НАУ 16 07 36 000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Момот А.С.</i>			<i>Бортова система візуалізації повітряної обстановки літака малої північії</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Остроумов І.В.</i>					97	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Ларін В.Ю.</i>				<i>ІАН, каф. АНС, гр.А0620</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Шмельова Т.Ф.</i>						

аеропортів, які не приймають літаки через погану видимість і знизити витрати на споживання авіакомпанією палива .

З Глобальною системою позиціонування сигналів пілоти можуть точно знати, де вони знаходяться. Додавши супер-точні бази даних про місцевість і графічні дисплеї, ми можемо зробити тривимірним відображення.

Застосування цієї системи дозволяє:

- Значно підвищує безпеку та експлуатаційну гнучкість для космічних, авіаційних і наземних транспортних засобів, що працюють в умовах поганої видимості, практично викоринити найгірші категорії нещасних випадків.

- видимість що забезпечується FDVS, полегшує підхід, посадку і руління, що дозволяють нормальну роботу в умовах, за умов які різко сповільнюють або навіть зупиняють діяльність.

- Крім того, FDVS дає можливість для майбутніх вікон кабіни для космічних, повітряних, наземних транспортних засобів або.

- FDVS зробить політ безпечнішим, більш комфортним і з низьким енергоспоживанням, більш інноваційним і продуктивним.

Переваги для клієнтів:

- Зменшує навантаження на пілота;
- Зменшує помилки технічного характеру;
- Підвищує безпеку;
- Підвищує експлуатаційну гнучкість;
- Усуває погану видимість в якості фактора небезпеки;
- Спрощує польоти за приладами.

									Арк.
									98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	7.07010203 НАУ 16 07 36 000 ПЗ				

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Universal Avionics Systems Corporation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www.uasc.com](http://www.uasc.com)
2. Остроумов І.В. Інтеграція координатної інформації у обчислювальній системі літаководіння [Текст] / І.В. Остроумов // тези науково-практичного семінару Сучасні проблеми авіакосмічних технологій та систем 17-23 червня 2013 року - Житомир. — 2013. — 19 с.
3. Харченко В.П. Авіоніка [Текст]/ В.П. Харченко, І.В. Остроумов. — К.: НАУ, 2013. — 281 с.
9. Garming.[ Електронний ресурс] – Режим доступу: [www.garming.com](http://www.garming.com)
10. Руководство по навигации, основанной на характеристиках (PBN). Doc 9613, AN/937.[ Текст] – ICAO,2008. – 304 с.
11. Остроумов І.В. Оцінка точності позиціонування за сигналами радіомаяків VOR [Текст] / Ос-троумов І.В. // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць: Випуск 3(39). – К.:НАУ, 2012.– С. 102-107.
12. Ostroumov I. Positioning by VOR signals in Ukraine region [Текст]// I. Ostroumov // Problems of CNS/ATM development and ATM. International Scientific-Metodical Conference of Researches, November 28 – 30, 2012 : theses. – К., 2012. – 74р.
13. Ostroumov I.V. Position detection by angular method in air navigation. [Текст]/ I.V. Ostroumov // The Fifth World Congress 'AVIATION IN THE XXI-st CENTURY' - 'Safety in Aviation and Space Technologies'. Volume 2. – Kiev: NAU, 2012. – 3.2.51-3.2.53 pp.
14. Правила аэронавигационного обслуживания. Производство полётоввоздушных судов. Том II. Построение схем визуальных полётов и полётов по приборам. Doc 8168. OPS/611.[ Текст] – ICAO, 2006. – 872 с.
15. Guidance Material for the Design of Terminal Procedures for Area Navigation (DME/DME, B-GNSS, Baro-VNAV & RNP-RNAV).[Текст] – Eurocontrol, 2003. – 217р.
16. Kaplan Elliott. Understanding GPS: principles and applications [Текст]./ Elliott Kaplan, Christo-pher Hegarty. – ARTECH HOUSE, INC, 2006. –723р.

17. Changlin Ma. Techniques to Improve Ground-Based Wireless Location Performance Using a Cellular Telephone Network [Текст] / Ma Changlin / UCGE № 20177. Department of Geomatics Engineering. – Calgary, 2003. – 278p.
18. DME Ground beacon distance measuring equipment. Technical manual. Vol.1. [Текст] – Thales, 2004. – 486p.
19. U.S. National aviation standard for the VOR/DME/TACAN systems. [Текст] – Department of transportation. FAA, 1982. –70 p.
20. Changlin Ma. Techniques to Improve Ground-Based Wireless Location Performance Using a Cellular Telephone Network [Текст] / Ma Changlin / UCGE № 20177. Department of Geomatics Engineering. – Calgary, 2003. – 278p.
21. CAP 776. Global Fatal Accident Review 1997-2006 /Safety Regulation Group. [Текст] – Civil Aviation Authority,2008. – 86p.
22. Постанова про використання повітряного простору України: від 29 березня 2002 р. № 401 / Кабінет міністрів України. [Текст] – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2002.
23. Постанова про внесення змін до Положення про використання повітряного простору України: від 1 липня 2009 р. № 980 / Кабінет міністрів України. [Текст] – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2009.
24. Annual Review of General Aviation Accident Data 2005 / National Transportation Safety Board. Publication Type NTSB/ARG-09/01. [Текст] – Washington, DC, 2009. – 66p.
25. Гандурин В.А. Особенности зоны обнаружения низколетящих воздушных объектов доплеровской радиолокационной станции [Текст] / В.А. Гандурин, А.П. Кирсанов // Радиотехника. – 2007. – №10. С.42-46
26. Бабков В.Ю. Сети мобильной связи. Частотнотерриториальное планирование. 2-е издание [Текст] /В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 220 с.

27. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування [Текст] / 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.

28. Финогеев А.Г. Сравнительный анализ методов позиционирования в беспроводных системах связи [Текст] /А.Г. Финогеев, В.А. Маслов // Телематика 2009: XVI Всероссийская научно-методическая конференция, 23-25 июня 2009 г. :матеріалі конференції. – Санкт Петербург, 2009. – режим доступа: <http://tm.ifmo.ru/tm2009/src/163b.pdf>.

29. Смоленцев С.В. Определение координат мобильных абонентов в сетях сотовой связи стандарта GSM [Текст] /С.В. Смоленцев // Гироскопия и навигация. – 2006. –№4. – С.41-54.

30. Бабков Валерий. Позиционирование абонентов в системах мобильной связи третьего поколения. [Текст] / Валерий Бабков, Антон Степутин // Мобильные телекоммуникации. – 2008. – №3. – С. 8-15.