

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Інститут аеронавігації
Кафедра аеронавігаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор

_____ М.Кулик
" ____ " _____ 2011 р.



Система менеджменту якості

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
"Глобальні навігаційні супутникові системи"
(за кредитно-модульною системою)

Галузь знань: 0701 "Транспорт і транспортна інфраструктура"
Напрямок підготовки: 6.070102 "Аеронавігація"

Курс – 4 Семестр – 7, 8

Аудиторні заняття – 148 Екзамен – 7 семестр
Самостійна робота – 140 Диференційований залік – 8 семестр
Усього (годин/кредитів ECTS) – 288/8

Курсова робота – 7 семестр

Індекс Н14-6.070102-2/11-4.6

СМЯ НАУ НП 22.01.01-01-2011



Навчальна програма дисципліни "Глобальні навігаційні супутникові системи" розроблена на основі освітньо-професійної програми та навчального плану № НБ–14–6.070102–2/11 підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "Бакалавр" за напрямом 6.070102 "Аеронавігація", "Тимчасового Положення про організацію навчального процесу за кредитно-модульною системою (в умовах педагогічного експерименту)" та "Тимчасового Положення про рейтингову систему оцінювання", затверджених наказом ректора від 15.06.2004 №122/од, та наказу ректора від 12.04.2005 №81/од.

Навчальну програму розробили:

професор кафедри

аеронавігаційних систем _____ В.Конін

доцент кафедри

аеронавігаційних систем _____ О.Сушич

Навчальна програма обговорена та схвалена на засіданні випускової кафедри напряму 6.070102 "Аеронавігація" – кафедри аеронавігаційних систем, протокол № _____ від " _____ " _____ 2011 р.

Завідувач кафедри _____ В. Харченко

Навчальна програма обговорена та схвалена на засіданні науково-методично-редакційної ради інституту аеронавігації, протокол № _____ від " _____ " _____ 2011 р.

Голова НМРР _____ О. Ткаліч

УЗГОДЖЕНО

Директор ІАН

_____ В. Васильєв

" _____ " _____ 2011 р.

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник



ЗМІСТ

	стор.
1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	4
1.1. Місце навчальної дисципліни в системі професійної підготовки фахівця..	4
1.2. Мета викладання навчальної дисципліни	4
1.3. Завдання вивчення навчальної дисципліни	4
1.4. Інтегровані вимоги до знань та умінь з навчальної дисципліни.....	4
1.5. Інтегровані вимоги до знань і умінь з навчальних модулів	6
1.6. Міждисциплінарні зв'язки навчальної дисципліни	8
2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	8
2.1. Модуль №1 "Загальні принципи побудови та функціонування глобальних навігаційних супутникових систем"	8
2.2. Модуль №2 "Апаратура споживача та диференційний режим роботи глобальних навігаційних супутникових систем"	9
2.3. Модуль №3 "Курсова робота"	10
2.4. Модуль №4 "Алгоритмічне забезпечення навігаційних вимірів та завадостійкість апаратури споживача супутникової навігації"	10
2.5. Модуль №5 "Моделювання глобальних навігаційних супутникових систем, складових і компонентів"	11
3. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	12
3.1. Основні рекомендовані джерела	12
3.2. Додаткові рекомендовані джерела.....	12
4. ФОРМИ ДОКУМЕНТІВ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ.....	13



1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце навчальної дисципліни в системі професійної підготовки фахівця

Дана навчальна дисципліна є теоретичною та практичною основою сукупності знань та вмінь, що формують авіаційний профіль фахівця в області транспортної інфраструктури.

1.2. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є розширення світогляду студентів з питань супутникової навігації та формування у студентів засвоєння методів побудови та застосування глобальних навігаційних супутникових систем.

1.3. Завдання вивчення навчальної дисципліни

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення основних принципів побудови існуючих й перспективних супутникових навігаційних систем;
- вивчення технічних вимог, пропонованих стандартами і рекомендованою практикою Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) до апаратури супутникової радіонавігації;
- вивчення принципів дії та побудови існуючих й перспективних супутникових систем позиціонування: *GPS*, ГЛОНАСС, *GALILEO*, а також широкозонних, регіональних та локальних диференційних підсистем;
- вивчення методів контролю цілісності, точності, доступності, експлуатаційної готовності;
- вивчення принципів побудови супутникової апаратури споживачів;
- оволодіння методами розрахунку навігаційних параметрів на основі навігаційних радіосигналів, випромінюваних глобальними супутниковими системами і їхніми функціональними доповненнями;
- набування практичних навичок при роботі на сучасному устаткуванні, що функціонує в реальному часі в інформаційному просторі створеному діючими супутниковими системами.

1.4. Інтегровані вимоги до знань та умінь з навчальної дисципліни

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни студент повинен:

Знати:

- області застосування глобальних супутникових навігаційних систем;
- сучасний стан і перспективи розвитку глобальних супутникових навігаційних систем;
- технічні й експлуатаційні характеристики глобальних навігаційних супутникових систем, застосовуваних для навігації (*GPS*, *GALILEO*, ГЛОНАСС, *EGNOS*), а також їхні функціональні доповнення (*WAAS*, *MSAS*, *LAAS*, *GRAS* і інші);
- вимоги, пропоновані до глобальних супутникових навігаційних систем різними категоріями користувачів;
- системи координат і шкали відліку часу глобальних супутникових навігаційних систем;
- сигнали навігаційних супутників;



- формати й зміст даних, переданих з навігаційних супутників і даних які формуються в апаратурі споживачів;
- методи формування й характеристики радіонавігаційного поля;
- структуру, принципи роботи й схемно-технічні рішення супутникової навігаційної апаратури споживачів;
- методи розрахунку координат, часу й швидкості із застосуванням даних глобальних супутникових навігаційних систем;
- методи й методики виміру координат, часу й швидкості супутникової навігаційною апаратурою;
- алгоритми перетворення даних навігаційних супутників для рішення навігаційних завдань;
- методи підвищення завадостійкості глобальних супутникових навігаційних систем і апаратури споживачів;
- методи складання моделей глобальних супутникових навігаційних систем;
- знати сучасні комплекси для оцінки характеристик глобальних супутникових навігаційних систем;
- знати сучасну супутникову навігаційну апаратуру;
- знати вимоги нормативної документації, пропоновані до супутникових систем, викладені в стандартах і рекомендованій практиці *ICAO*, інтерфейсних контрольних документах, специфікаціях служб, що підтримують функціональну готовність супутникових систем;
- знати технічні вимоги, пропоновані стандартами і рекомендованою практикою *ICAO* до апаратури супутникової радіонавігації;
- знати принципи функціонування супутникових глобальних і локальних навігаційних систем, їх функціональних доповнень, методів контролю цілісності, точності, доступності, експлуатаційної готовності;
- знати методи й принципи прогнозування доступності супутникових навігаційних систем.

Вміти:

- розраховувати навігаційні параметри на основі навігаційних радіосигналів глобальних супутникових систем і їх доповнень;
- аналізувати фізичні процеси в супутникових системах навігації;
- застосовувати сучасні програмні продукти при проведенні строгих і оцінних розрахунків координат, швидкості і часу;
- проводити розрахунки координат споживача за даними навігаційних супутників;
- проводити порівняльний аналіз систем за різними показниками якості;
- користуватись сучасним обладнанням апаратури споживача супутникових навігаційних систем;
- моделювати характеристики глобальних супутникових навігаційних систем і їхні складові.



1.5. Інтегровані вимоги до знань і умінь з навчальних модулів

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з чотирьох класичних навчальних модулів. Окремим модулем є курсова робота, яка виконується у сьомому семестрі.

1.5.1. У результаті засвоєння навчального матеріалу навчального модуля №1 "Загальні принципи побудови та функціонування глобальних навігаційних супутникових систем" студент повинен:

Знати:

- загальну характеристику супутникових радіонавігаційних систем;
- вимоги, пропоновані до супутникових навігаційних систем авіаційними користувачами;
- системи координат, системи часу, особливості руху навігаційних супутників;
- інформаційні сигнали в системах супутникової радіонавігації;
- формати і зміст навігаційних даних;
- стандартні формати повідомлень.

Вміти:

- розраховувати координати навігаційних супутників у різних системах координат;
- визначати параметри орбіт сузір'їв навігаційних супутників;
- якісно та кількісно оцінювати вплив параметрів руху навігаційних супутників на точність позиціонування.

1.5.2. У результаті засвоєння навчального матеріалу навчального модуля №2 "Апаратура споживача та диференційний режим роботи глобальних навігаційних супутникових систем" студент повинен:

Знати:

- характеристики радіонавігаційного поля Глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS);
- принципи побудови та функціонування апаратури споживача навігаційних супутникових систем;
- концепцію побудови та застосування диференційного режиму супутникової навігації;
- основні експлуатаційно-технічні характеристики навігаційних супутникових систем;
- алгоритми визначення координат споживача навігаційних супутникових систем;
- визначення просторово-часових координат навігаційних супутників.

Вміти:

- проводити порівняльний аналіз апаратури споживача;
- самостійно проводити збір координатно-часової інформації на різних типах супутникових приймачів;
- проводити координатно-часові вимірювання у диференційному режимі;
- прогнозувати доступності навігаційних супутників.



1.5.3. У результаті виконання курсової роботи (модуль №3) студент повинен:

Знати:

- особливості динаміки польоту літака в його взаємодії з навколишнім середовищем на різних режимах;
- методи чисельного інтегрування систем диференціальних рівнянь, інтерполяції нелінійних функцій багатьох змінних;
- алгоритмічні мови високого рівня, методи та технології математичного моделювання динамічних систем, вимоги нормативних та регламентуючих документів.

Вміти:

- самостійно розробляти нелінійні математичні моделі динамічних систем на прикладі динаміки польоту літака у взаємодії з навколишнім середовищем, а також програмні моделі та налагоджувати їх;
- самостійно проводити дослідження динамічних систем з використанням програмних моделей на персональному комп'ютері.

1.5.4. У результаті засвоєння навчального матеріалу навчального модуля №4 "Алгоритмічне забезпечення навігаційних вимірів та завадостійкість апаратури споживача супутникової навігації" студент повинен:

Знати:

- алгоритми визначення координат споживача;
- алгоритми розрахунку часу й виправлень;
- алгоритми розрахунку навігаційних характеристик у системах функціонального доповнення *SBAS*;
- алгоритми оцінки рівнів захисту в *GNSS*;
- вимоги до завадостійкості *GNSS*;
- методика придушення перешкод;
- принцип дії адаптивних антенних решіток.

Вміти:

- володіти методами обробки інформації навігаційних супутників при проведенні навігаційних визначень;
- виконувати постобробку навігаційної інформації;
- аналізувати вплив завад на точність визначення координат та вектору стану споживача.

1.5.5. У результаті засвоєння навчального матеріалу навчального модуля №5 "Моделювання глобальних навігаційних супутникових систем, складових і компонентів" студент повинен:

Знати:

- структуру сигналів *GNSS*;
- методи перетворення координат;
- системи часу глобальних навігаційних супутникових систем;
- параметри орбітального руху штучних супутників Землі;
- структуру навігаційного повідомлення.

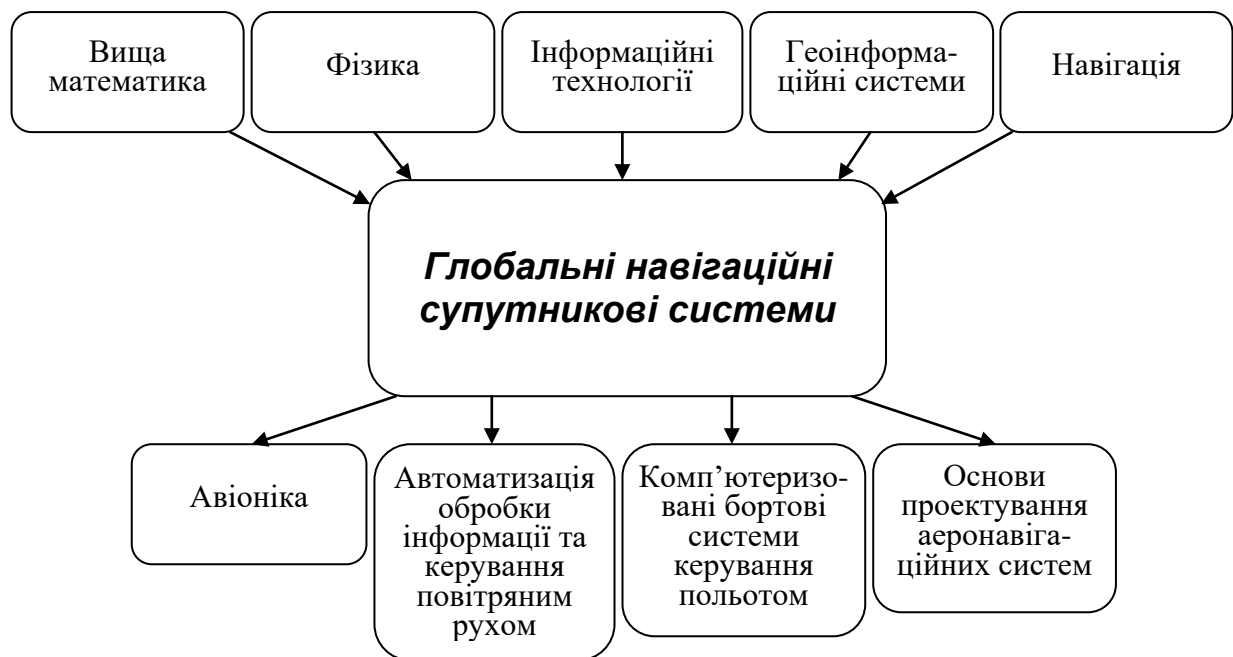


Вміти:

- при вирішенні задач моделювання застосовувати стандартні функції *MatLab*, програмувати m-файли і функції у середовищі *MatLab*;
- моделювати орбітальний рух навігаційних супутників;
- конвертувати дані альманаху *GPS* і ГЛОНАСС.

Знання та вміння, отримані студентом під час вивчення даної навчальної дисципліни, використовуються в подальшому при вивченні багатьох наступних дисциплін професійної підготовки фахівця з базовою та повною вищою освітою.

1.6. Міждисциплінарні зв'язки навчальної дисципліни



2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Модуль №1 "Загальні принципи побудови та функціонування глобальних навігаційних супутникових систем".

Тема 2.1.1. Вступ. Мета і задачі дисципліни. Глобальна навігаційна супутникова система *GNSS*. Загальносистемні вимоги до супутникових навігаційних систем

Мета і задачі дисципліни. Основні терміни й визначення. Навігаційні характеристики. Процедури заходу на посадку. Морська навігація. Спектр радіочастот, виділений для радіонавігації.

Супутникова аеронавігація в системах зв'язку, навігації, спостереження/організації повітряного руху (*CNS/ATM*). Стратегія *ICAO*. Глобальна навігаційна супутникова система *GNSS*. Регіональні доповнення в *GNSS*.

Загальносистемні вимоги до супутникових навігаційних систем. Вимоги до *GNSS* і її складових. Бортовий приймач *GNSS*.

Тема 2.1.2. Координати, час, рух навігаційних супутників.



Системи координат у супутникових радіонавігаційних технологіях. Час у супутникових радіонавігаційних системах. Рух навігаційних супутників у полі тяжіння Землі. Процедури розмноження ефемерид.

Тема 2.1.3. Принцип дії та алгоритм функціонування систем супутникової навігації.

Вступні зауваження. Формування шумоподібних сигналів. Інтерфейси ГЛОНАСС і *GPS*. Формування інформаційного сигналу в ГЛОНАСС. Формування інформаційного сигналу в *GPS*.

Часовий поділ каналів. Восьмирівнева фазова маніпуляція. Передача й прийом сигналу.

Дані ГЛОНАСС. Дані *GPS*. Дані *GALILEO*.

Навігаційні дані космічного функціонального доповнення *SBAS*. Дані диференціальних станцій. Дані авіаційних контрольно-коригувальних станцій. Навігаційні дані диференціальної *GNSS*.

Тема 2.1.4. Формат і зміст даних форматів передачі даних *NMEA*, *YUMA* та *SEM*.

Формат *NMEA*. Формат *YUMA*. Формат *SEM*.

2.2. Модуль №2 "Апаратура споживача та диференційний режим роботи глобальних навігаційних супутникових систем".

Тема 2.2.1. Характеристики радіонавігаційного поля систем супутникової навігації та систем космічного функціонального доповнення.

Радіонавігаційне поле навігаційних супутників. Радіонавігаційне поле геостационарних супутників.

Тема 2.2.2. Апаратура споживача супутникових систем навігації.

Вимоги до супутникових навігаційних приймачів. Приймач *GNSS* взаємодіючий з *SBAS*. Узагальнена функціональна схема навігаційного приймача.

Антени *GNSS*. Радіотехнічний модуль. Цифровий модуль. Структура навігаційного приймача *GPS*.

Пошук і виявлення сигналу навігаційного супутника. Спостереження за сигналом навігаційного супутника. Сполучені навігаційні приймачі. Демодуляція повідомлень навігаційних супутників ГЛОНАСС.

Тема 2.2.3. Диференційний режим роботи супутникових систем навігації.

Концепція побудови авіаційної диференційної *GNSS* (*DGNSS*). Алгоритм функціонування контрольно-коригувальної станції (ККС). Антенно-фідерний пристрій. Блок датчиків *GNSS*. Блок обробки даних. Передавач коригувальної інформації. Контрольний приймач.

Алгоритми контролю точності. Алгоритми контролю безперервності. Алгоритми контролю цілісності наземних функціональних доповнень.

Диференціальний метод визначення координат. Геометричний фактор і похибки визначення координат.

Тема 2.2.4. Алгоритмічне забезпечення рішення навігаційної задачі.



Узагальнений алгоритм визначення координат. Розрахунок координат псевдодалекомірними методами. Ітеративний метод розрахунку координат споживача. Алгоритм Гаусса для обчислення зворотної матриці.

2.3. Модуль №3 "Курсова робота"

Курсова робота (КР) з дисципліни виконується у сьомому семестрі, відповідно до затверджених в установленому порядку методичних рекомендацій, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та вмінь, набутих студентом у процесі засвоєння навчального матеріалу дисципліни в області глобальних навігаційних супутникових систем та практичної роботи з супутниковою апаратурою визначення координат.

Виконання КР є важливим етапом у підготовці до виконання дипломного проекту (роботи) майбутнього фахівця з транспортної інфраструктури.

Конкретна мета КР міститься в отриманні за допомогою двосистемного (*GPS* – ГЛОНАСС) приймача супутникової навігації даних з супутника, їх декодуванні, перетворенні та обробці, а також у розробці програми розрахунку координат та дослідженні факторів точності визначення координат.

Для успішного виконання КР студент повинен **знати** особливості існуючих та перспективних супутникових систем визначення координат, формати даних інформації, що передається або приймається, методи визначення координат, сучасні супутникові навігаційні приймачі, **вміти** самостійно розробляти математичні моделі супутникових систем для визначення координат, оцінювати їх точнісні характеристики, досліджувати доступність маршруту повітряного судна, вимірювати координати навігаційним приймачем.

2.4. Модуль №4 "Алгоритмічне забезпечення навігаційних вимірів та завадостійкість апаратури споживача супутникової навігації".

Тема 2.4.1. Алгоритмічне забезпечення вторинної обробки навігаційної інформації в апаратурі споживача.

Алгоритм розрахунку ефемерид навігаційного супутника ГЛОНАСС на заданий момент часу. Алгоритм розрахунку ефемерид навігаційного супутника *GPS* на заданий момент часу.

Алгоритми розрахунку часу в *GPS*. Алгоритми розрахунку часу в ГЛОНАСС.

Алгоритм розрахунку іоносферного виправлення. Алгоритм розрахунку тропосферного виправлення.

Виміри псевдовідстані. Виміри доплерівської частоти. Виміри швидкості. Виміру виправлень.

Тема 2.4.2. Алгоритмічне забезпечення обробки інформації від систем наземного та космічного доповнення.

Застосовувані типи повідомлень *SBAS* для оцінки навігаційних характеристик. Розрахунок координат, часу й псевдовідстаней.

Визначення рівнів захисту в *SBAS*. Оцінка рівнів захисту у функціональному доповненні *GBAS*.

Тема 2.4.3. Вимоги до завадостійкості *GNSS* та методи забезпечення завадостійкості апаратури споживача.



Вимоги до завадостійкості *GNSS*. Експериментальні спостереження впливу перешкод на навігаційний приймач.

Принцип дії адаптивних антенних решіток. Методика придушення перешкод адаптивними антенними решітками.

Модель адаптивної антенної решітки. Рівняння адаптації. Оцінка рівнів придушення перешкод.

Тема 2.4.4. Системи прогнозування доступності навігаційних супутників *GNSS*.

Системи прогнозування доступності навігаційних супутників. Призначення складових експериментальної Автоматизованої системи прогнозування доступності навігаційних супутників (АСПДНС). Алгоритм визначення доступності *GNSS*.

2.5. Модуль №5 "Моделювання глобальних навігаційних супутникових систем, складових і компонентів".

Тема 2.5.1. Оцінка характеристик якості функціонування широкозонних диференційних систем.

Льотні інспекційні системи (*FIS*) для одержання еталонних параметрів руху льотних лабораторій. Оцінка навігаційних характеристик широкозонних функціональних доповнень.

Експерименти по оцінці характеристик широкозонних функціональних доповнень. Експериментальна оцінка технології супутникової системи диференційної корекції *OMNISTAR* в Україні.

Тема 2.5.2. Центр супутникових навігаційних технологій Національного авіаційного університету (НАУ).

Структура та обладнання центру супутникових навігаційних технологій НАУ. Задачі, що вирішуються центром супутникових навігаційних технологій.

Тема 2.5.3. Моделювання складових компонентів систем супутникової навігації *GPS*, ГЛОНАСС та *GALILEO*.

Псевдовипадковий код супутників *GPS*. Псевдовипадковий код супутників ГЛОНАСС. Псевдовипадковий код супутників *GALILEO*.

Алгоритми перетворення координат. Міжнародна система координат *WGS-84*. Система координат ПЗ-90. Топоцентрична система координат. Зв'язок між різними системами координат.

Системний час супутникових навігаційних систем. Атомний час. Астрономічний час. Місцевий час. Істинний зоряний час. Середній зоряний час.

Розмноження ефемерид супутників ГЛОНАСС. Орбітальний рух супутників *GPS*. Орбітальний рух супутників ГЛОНАСС. Орбітальний рух супутників *GALILEO*.

Перетворення даних альманаху. Декодування даних альманаху супутників *GPS*. Декодування й розшифровка даних супутників ГЛОНАСС.

Видимість навігаційних супутників *GPS* і ГЛОНАСС.

Розрахунок координат супутників *GPS* і ГЛОНАСС за даними ефемерид на будь-який момент часу з одночасним рішенням навігаційної задачі.



3. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

3.1. Основні рекомендовані джерела

- 3.1.1. Конин В.В., Харченко В.П. Системы спутниковой радионавигации. – К.: Холтех, 2010. – 520 с.
- 3.1.2. Бабак В.П., Конин В.В., Харченко В.П. Супутникова радіонавігація. – К.: Техніка, 2004. – 328 с.
- 3.1.3. Конин В.В. Супутниковые системы и технологии. URL: <http://www.twirpx.com/file/40196/?rand=4939200>, <http://aireo.ucoz.ru/load/33-1-0-124>.

3.2. Додаткові рекомендовані джерела

- 3.2.1. Авиационная электросвязь. Приложение 10 к Конвенции о Международной гражданской авиации. Т. 1. Радионавигационные средства. – ICAO, 2006. – 596 с.
- 3.2.2. Interface Control Document Global Positioning System (ICD-GPS-200C). – Arinc Research Corporation, 1993. – 160 p.
- 3.2.3. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (Интерфейсный контрольный документ). – М.: Координац. науч.-информ. центр РФ, 2002. – 57 с.
- 3.2.4. Galileo Open Service. Signal In Space Interface Control Document (OS SIS ICD). – European Space Agency, 2006. – 192 p.



(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				