(Ф 03.02 – 91)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет

Навчально-науковий інститут аеронавігації

#### Кафедра аеронавігаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.ректора

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. Харченко

"\_\_\_\_\_"\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016



Система менеджменту якості

**НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА**

**навчальної дисципліни**

**"Основи супутникових авіаційно-навігаційних систем"**

Галузь знань: 0402 "Фізико-математичні науки"

Напрям підготовки: 6.04204 "Прикладна фізика"

Курс – 4 Семестр – 8

Аудиторні заняття – 45 Диференційований залік – 8 семестр

Самостійна робота – 63

Домашнє завдання – 8 семестр

Усього (годин/кредитів ECTS) – 108/3.0

Індекс Н-14-6.040204/12-5.1.1

**СМЯ НАУ НП 22.01.01-01-2016**

Навчальна програма дисципліни «Основи супутникових авіаційно-навігаційних систем» розроблена на основі освітньо-професійної програми та навчального плану № НБ-14-6.040204/12 підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "Бакалавр" за напрямом 6.04204 «Прикладна фізика» та відповідних нормативних документів.

Навчальну програму розробили:

професор кафедри аеронавігаційних систем \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.Конін

доцент кафедри аеронавігаційних систем \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Погурельський

Навчальну програму обговорено та схвалено на засіданні кафедри аеронавігаційних систем, протокол № 14 від " 2 " листопада 2015 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.Ларін

Навчальну програму узгоджено з випусковою кафедрою прикладної фізики напряму 6.04204 «Прикладна фізика» (спеціальність 8.04020401 «Прикладна фізика (за галузями використання)»), протокол №\_\_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_О. Кузнецова

“\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 р.

Навчальна програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради навчально-наукового інституту аеронавігації, протокол № 5 від "3" грудня 2015 р.

Голова НМРР \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С. Креденцар

УЗГОДЖЕНО

Директор НН ІАН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В. Чепіженко

"\_\_\_\_"\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 р.

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

**Контрольний примірник**

1. **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

Навчальна програма навчальної дисципліни “Основи супутникових авіаційно-навігаційних систем” розроблена на основі “Методичних вказівок до розроблення та оформлення навчальної та робочої навчальної програм дисциплін», введених в дію розпорядженням від 16.06.2015р. №37/роз.

Дана навчальна дисципліна є теоретичною та практичною основою сукупності знань та вмінь, що формують профіль фахівця в галузі прикладної фізики.

Метою викладання дисципліни є вивчення супутникових авіаційно-навігаційних систем для визначення координат, швидкості, часу і навігації об’єктів у навколоземному просторі та на поверхні Землі.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення фізичних засад діючих (GPS, ГЛОНАСС) та перспективних супутникових систем навігації (Galileo, Compass, QZSS), а також їх функціональних доповнень (EGNOS, WAAS, MSAS, LAAS);

- вивчення технічних (технологічних) процедур і правил при визначенні координат, швидкості і часу з необхідною якістю для авіаційних застосувань;

- набування практичних навичок при роботі на сучасному устаткуванні, що функціонує в реальному часі в інформаційному просторі створеному новітніми супутниковими системами.

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни студент повинен:

**Знати:**

- сучасний стан і перспективи розвитку глобальних супутникових навігаційних систем;

- принципи функціонування систем супутникової навігації і їх складових;

- системи координат і шкали часу супутникових навігаційних систем;

- сигнали, що транслюються з навігаційних супутників;

- формати й зміст даних, що передаються з навігаційних супутників і даних, які формуються в апаратурі користувачів;

- методи формування і характеристики радіонавігаційного поля;

- структуру, принципи роботи навігаційної апаратури користувачів;

- методи розрахунку координат, часу й швидкості із застосуванням даних глобальних супутникових навігаційних систем;

- методи і методики виміру координат, часу й швидкості супутниковою навігаційною апаратурою;

- сучасні комплекси для оцінки характеристик глобальних супутникових навігаційних систем;

- методи і принципи прогнозування доступності супутникових навігаційних систем;

**Вміти:**

- володіти основними методами, способами й засобами одержання, зберігання, переробки інформації від декількох аеронавігаційних систем, мати навички роботи з комп'ютером як засобом керування інформацією систем супутникової радіонавігації;

- використати сучасні комп'ютерні програмні продукти для оцінки характеристик аеронавігаційних систем, що працюють у загальному навігаційному полі;

- формувати й виконувати різні сценарії застосування систем і формулювати мету дослідження й виконання сценарію.

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з двох навчальних модулів, а саме:

- навчального **модуля №1 "Фізичні основи авіаційно-навігаційних супутникових систем"**

- навчального **модуля №2 "Основи функціонування глобальних навігаційних супутникових систем"**  *,* кожен з яких є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Навчальна диципліна «Основи супутникових авіаційно-навігаційних систем» базується на знаннях таких дисциплін, як: «Математичний аналіз», «Диференційні рівняння», «Механіка», «Обчислювальна техніка», «Програмування» та є базою для вивчення таких дисциплін, як: «Синергетика», «Теорія планування експерименту» та інших.

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## 2.1. Модуль №1 "Фізичні основи авіаційно-навігаційних супутникових систем".

**Тема 2.1.1. Закони руху штучних супутників Землі.**

Вступ. Мета і задачі дисципліни. Основні терміни й визначення. Закони Кеплера. Рівнняння руху супутника. Класифікація орбіт штучних супутників Землі. Орбітальні параметри. Низькоорбітальні супутники. Орбіти геостаціонарних супутників.

**Тема 2.1.2. Імітаційне моделювання орбітального руху супутників.**

Комплекс імітаційного моделювання Satellite Simulation. Альманах для моделювання супутникових систем. Формат TLE. Імітаційне моделювання геостаціонарних супутникових систем (орбіти, зони, час). Імітаційне моделювання низькоорбітальних супутникових систем. Імітаційне моделювання комбінованих супутникових систем.

**Тема 2.1.3. Прогнозування доступності супутників.**

Доступність навігаційних супутників. Геометричний фактор. Програмне забезпечення прогнозування доступності навігаційних супутників PLANNING. Алгоритми функціонування програмного забезпечення доступності навігаційних супутників. Альманах супутників для прогнозування їх доступності системою PLANNING. Методика прогнозування доступності супутників GPS в програмному середовищі PLANNING.

**Тема 2.1.4. Координати, час, рух навігаційних супутників.**

Системи координат у системах супутникової навігації. Системи відліку часу в діючих супутникових навігаційних системах. Алгоритми трансформації координатних систем. Методи узгодження системних шкал часу.

## 2.2 Модуль №2 "Основи функціонування глобальних навігаційних супутникових систем".

**Тема 2.2.1. Принципи функціонування супутникових навігаційних систем.**

Алгоритми функціонування систем супутникової навігації. Глобальна навігаційна супутникова система GNSS. Складові GNSS - ГЛОНАСС (Росія); GPS (США); Galileo (ЄС); COMPASS (Китай); апаратура користувачів. Космічні функціональні доповнення (SBAS), наземні функціональні доповнення (GBAS, GRAS).

**Тема 2.2.2. Алгоритмічне забезпечення навігаційних визначень.**

Визначення координат, швидкості і часу користувача за вимірами відстаней до супутників. Вимірювання відстаней до супутників. Точна прив’язка за часом. Визначення положень супутників в просторі на моменти визначення координат і швидкості користувача. Зменшення похибок внаслідок проходження сигналу в атмосфері Землі, багатопроменевого прийому сигналів супутників, вдосконалення алгоритмів обробки сигналів в приймачі, зведення до мінімуму завад. Узагальнений алгоритм визначення координат. Розрахунок координат псевдодалекомірними методами. Ітеративний метод розрахунку координат користувача.

**Тема 2.2.3. Інформаційні сигнали в системах супутникової навігації.**

Формування шумоподібних сигналів. Інтерфейси ГЛОНАСС і GPS. Формування інформаційного сигналу в ГЛОНАСС. Формування інформаційного сигналу в GPS. Альманах. Ефемериди. 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 2.2.4. Експериментальні вимірювання та навігаційна обробка.**

Методика визначення координат місцерозташування навігаційним приймачем типу ProPak. Зйомка і запис даних, Декодування даних. Розмноження ефемерид. Вимірювання псевдо віддалей. Розрахунок позиції. Співставлення результатів з експериментальними даними.

**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., Конін В.В., Харченко В.П. Супутникова радіонавігація. – К.: Техніка, 2004. – 328 с.

3.1.3. Конин В.В. Спутниковые системы и технологи. Учебное пособие. – <http://www.twirpx.com/file/40196/?rand=4939200>, <http://aireo.ucoz.ru/load/33-1-0-124>, 2002. – 245 с.

**3.2 Додаткові рекомендовані джерела**

3.2.1 Авиационная электросвязь. Приложение 10 к конвенции о Международной гражданской авиации. Т. 1 Радионавигационные средства. 6 издание, 2006 г.

3.2.2 Interface Control Document Global Positioning System (ICD-GPS-200С), 2000, 160 p.

3.2.3 Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС (интерфейсный контрольный документ), пятая редакция, 2002, 57 с.

3.2.4 Galileo Open Service Signal In Space Interface Control Document (OS SIS ICD), 2006, 192 p.

**(Ф 03.02 – 01)**

**АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  прим. | Куди передано (підрозділ) | Дата  видачі | П.І.Б. отримувача | Підпис отримувача | Примітки |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**(Ф 03.02 – 02)**

**АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № пор. | Прізвище ім'я по-батькові | Підпис ознайомленої особи | Дата ознайом-лення | Примітки |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**(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 | Анульо-  ваного |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

**(Ф 03.02 – 32)**

**УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Підпис | Ініціали, прізвище | Посада | Дата |
| Розробник |  |  |  |  |
| Узгоджено |  |  |  |  |
| Узгоджено |  |  |  |  |
| Узгоджено |  |  |  |  |