



ПРОЕКТУВАННЯ СУПУТНИКІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин/ 5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доцент кафедри КІ НН ІАТ, к.т.н. Ларьков Сергій Миколайович, тел.+380686082280, e-mail:sergelarkov@ukr.net Практичні: доцент кафедри КІ НН ІАТ, к.т.н. Ларьков Сергій Миколайович, тел.+380686082280, e-mail:sergelarkov@ukr.net Лабораторні: доцент кафедри КІ НН ІАТ, к.т.н. Ларьков Сергій Миколайович, тел.+380686082280, e-mail:sergelarkov@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Предметом вивчення дисципліни є теоретичні основи побудови космічних апаратів (КА), методи визначення проектних характеристик КА та його підсистем, проектні рішення та основні технічні характеристики типових підсистем КА.

Об'єктом вивчення є особливості побудови КА, типові технічні рішення та характеристики КА та його службових підсистем.

Метою дисципліни є вивчення:

- основних підходів до методології проектування КА в залежності від його цільового призначення;
 - принципів побудови та типові структури КА;
 - теоретичних основ функціонування КА та підходів до проектування основних службових підсистем;
- Внаслідок вивчення дисципліни «Системи та приводи РКА» студент має:

Знати:

- класифікацію та загальні вимоги до КА;
- принципи побудови та функціонування, особливості реалізації та характеристик КА в залежності від їхнього цільового призначення;
- склад, призначення та основні характеристики службових підсистем КА.

Вміти:

- описувати вимоги до підсистем КА на рівні технічного завдання;
- досліджувати, аналізувати та визначати основні характеристики підсистем КА та КА в цілому;

- проводити системний аналіз та синтез КА в залежності від його цільового призначення.

Мати уявлення:

- загальний життєвий цикл космічної системи, роль та місце КА с реалізації завдань космічної системи.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна «Системи та приводи РКА» базується на знанні таких дисциплін:

Вища математика, Фізика, Теоретична механіка, Електротехніка, Електроніка та основи схемотехніки, ТАУ

3. Зміст навчальної дисципліни

№ теми	Назва
1.	Узагальнені поняття про космічну систему. Життєвий цикл космічної системи, роль проектування в життєвому циклі
2.	Елементи астродинаміки
2.1.	Основи механіки космічного польоту
2.2.	Основні орбітальні маневри
2.3.	Міжпланетні перельоти
3.	Космічні місії та їх проектування
3.1.	Місії на ННО
3.2.	Використання середньовисотних орбіт
3.3.	Геостаціонарні орбіти
3.4.	Місії далекого космосу: до Місяця та інших планет
4.	Зовнішні впливи на КА
5.	Типова структура космічного апарату та побудова систем забезпечення
6.	Проектування систем орієнтації та стабілізації
7.	Проектування систем енергозабезпечення
8.	Проектування систем управління та зв'язку
9.	Проектування систем терморегулювання
10.	Особливості бортової апаратури КА
11.	Рушійні установки КА
12.	Проектування спускових апаратів
13.	Огляд питань надійності, її забезпечення при виробництві та випробуваннях КА
14.	Огляд питань експлуатації та управління КА

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Space mission engineering: The new SMAD. James R. Wertz, David F. Everett. Microcosm, 2011.
2. Fortescue P, Swinerd G, Stark J (eds) (2011) Spacecraft systems engineering, 4th edn. Wiley
3. Технологія виробництва ракетно-космічних літальних апаратів. Під ред. Є.О.Джура. – Дніпропетровськ, АРТ-ПРЕС, 2007.
4. Larson, W J, and Wertz, J R. Space Mission Analysis and Design. United States: N. p., 1992.

Додаткова та справочна

1. Elements of Spacecraft Design. Charles D. Brown. Wren Software. Inc. Castle Rock, Colorado.
2. Manned Spacecraft Design Principles. Pasquale M. Sforza. Butterworth-Heinemann, 2015.
3. Space Flight Mechanics. Prof. R. H. Tolson. Lecture notes.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Кредитний модуль розраховано на один семестр. Він складається з лекцій, практичних занять та лабораторного практикуму.

В лекційній частині курсу описуються принципи побудови КА, методи аналізу та синтезу КА як складової частини космічної системи заданого цільового призначення, а також розглядаються методики визначення вимог та цільових параметрів службових та допоміжних підсистем КА. На практичних заняттях студенти опановують застосування методик та програмне забезпечення, що використовується для аналізу та синтезу КА. Виконання лабораторних практикумів допомагає студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1.	Лекція 1. Вступ ТЕМА 1. Узагальнені поняття про космічну систему. Життєвий цикл космічної системи, роль проектування в життєвому циклі. Предмет, структура та задачі курсу «Проектування супутників». Узагальнені уявлення щодо космічної системи, її типова структура. Короткий історичний огляд розвитку космічних систем. Класифікація космічних систем за призначенням. Загальна методологія проектування КА як елементу космічної системи, приклади
2.	Лекція 2. ТЕМА 2. Елементи астродинаміки Основи механіки орбітального руху. Некеплерівський рух. Основні орбітальні маневри. Зближення та стиківка КА. Маневри в далекому космосі, основні поняття про пертурбаційні маневри.
3.	Лекція 3. ТЕМА 3. Космічні місії та їх проектування Класифікація космічних місій. Типові космічні місії: приклади та особливості. ТЕМА 4. Зовнішні впливи на КА Поняття про навантаження та впливи. Навантаження на КА в процесі виготовлення, транспортування та пуску. Впливи на КА в польоті, основні фактори космічного середовища.
4.	Лекція 4. ТЕМА 5. Типова структура космічного апарату та побудова систем забезпечення Компонування КА в залежності від цільового призначення. Уявлення про службові та допоміжні підсистеми КА. Вимогу до компонування КА, забезпечення масоцентровочних характеристик. Основні види компоновок КА. Стандартизація КА та поняття про платформу як основа побудови КА за цільовим призначенням.
5.	Лекція 5. ТЕМА 6. Побудова систем орієнтації та стабілізації Основні концепції побудови систем орієнтації та стабілізації, вимоги до систем стабілізації в залежності від цільового призначення КА. Рівняння динаміки КА та побудова активних та пасивних систем стабілізації. Огляд пасивних систем стабілізації КА. Стандарт CubeSat як основа побудови наносупутників. PocketCube та пікосупутники.
6.	Лекція 6. Засоби визначення орієнтації КА, датчики систем орієнтації та стабілізації. Основні типи виконавчих органів активних систем стабілізації. Основні підходи до проектування системи орієнтації та стабілізації КА.
7.	Лекція 7. ТЕМА 7. Системи енергозабезпечення КА

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
	Загальний підхід до побудови системи енергозабезпечення. Види акумуляторів та їх застосування. Особливості систем енергоживлення мікро- та наносупутників.
8.	Лекція 8. Типи первинних джерел енергії, що використовуються на КА: сонячні батареї, РІТЕГи, паливні елементи. Види акумуляторів та їх застосування. Особливості систем енергоживлення мікро- та наносупутників. Баланс енергії на витку..
9.	Лекція 9. ТЕМА 8: Проектування систем управління та зв'язку Основи радіотехніки та передачі сигналів на КА. Побудова бортових та наземних прийомопередавачів та антено-фідерних пристроїв. Енергетичний баланс лінії зв'язку, ємність каналу передачі.
10.	Лекція 10. Підхід до побудови підсистеми передачі команд на КА. Забезпечення надійності та стійкості до відмов. Загальні принципи побудови підсистеми телекомунікації КА, вимоги до проектування радіоліній «земля-космос» та «космос-земля». Перспективи підвищення ємності інформаційних каналів, оптичні мережі передачі даних.
11.	Лекція 11. ТЕМА 9: Проектування систем терморегулювання Тепловий баланс КА на витку, основні задачі системи терморегулювання. Типи систем терморегулювання та основні агрегати системи терморегулювання. Порядок розрахунку системи терморегулювання КА.
12.	Лекція 12. Види теплозахистних матеріалів та теплоізоляційних структур КА. Засоби тепловідводу, принцип дії теплових труб. Радіатори систем терморегулювання КА. Моделювання роботи системи терморегулювання КА.
13.	Лекція 13. ТЕМА 10: Бортова апаратура космічних апаратів Основні вимоги до побудови підсистем управління, збору та зберігання даних на КА з урахуванням впливу зовнішнього середовища. Джерела відмов електронної апаратури, класифікація видів відмов. Схемотехнічні, конструктивні та програмні методи підвищення надійності бортової апаратури.
14.	Лекція 14. ТЕМА 11. Рушійні установки КА Загальна класифікація ракетних двигунів КА, порівняльний аналіз та приклади використання. Оцінка потрібного запасу палива для маневру,
15.	Лекція 15. Основні підходи до проектування систем зберігання рідкого палива КА. Типова пневмогідролічна схема паливної системи. Особливості ПГС КА з ЕРД.
16.	Лекція 16. ТЕМА 12: Проектування спускових апаратів Основи рішення задачі входу в атмосферу та гальмування. Аеродинамічний нагрів. Типова конструкція спускаемого апарату, атмосферні маневри. Використання атмосфери для формування орбіт: зміна нахилу, гальмування до орбітальної швидкості.
17.	Лекція 17. ТЕМА 13: Огляд питань надійності, її забезпечення при виробництві та випробуваннях КА. Планування розробки. Основні підходи до аналізу надійності та забезпеченню відмовостійкості технічних систем. Модель відмов та типи резервування. Принципи проектування відмовостійких систем. Загальне розуміння про систему управління якістю та її роль в забезпеченні надійності КА. Вимоги до проектування, конструювання, виробництва та експериментального відпрацювання складних технічних систем. Планування та проведення випробувань.
18.	Лекція 18. ТЕМА 14: Огляд питань експлуатації та управління КА

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
	Льотно-конструкторські випробування КА, введення космічної системи до експлуатації. Основні підходи до організації управління КА та побудови наземного сегменту космічної системи.

Практичні заняття

№	Назва	Кількість ауд.годин
1.	Моделювання задач балістики КА в пакеті GMAT 1. Ознайомлення з можливостями пакету 2. Моделювання траєкторії КА PolyTAN-1	4
2.	Ознайомлення з основними типами рушійних установок КА. Оцінка запасу палива на борту КА для здійснення типових орбітальних маневрів, обґрунтування вибору рушійної установки КА	2
3.	Розрахунок енергетичного балансу КА та оцінка вимог до системи енергозабезпечення	2
4.	Розрахунок параметрів системи орієнтації та стабілізації	4
5.	Вибір параметрів системи телекомунікації	2
6.	Оцінка теплового балансу КА, розрахунок системи терморегуляції	2
7.	Оцінка сумарної поглинутої дози іонізуючих випромінювань та розрахунок надійності КА	2

Лабораторний практикум

№	Назва	Кількість ауд.годин
1.	Ознайомлення з типовими РН та їхніми програмами виведення. Формулювання вимог до програми випробувань КА	2
2.	Ознайомлення з процедурами збірки КА на прикладі імітатора MySat	3
3.	Визначення параметрів орбіти КА, розрізнення функціонуючого та нефункціонуючого за результатами оптичного спостереження	4

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Обсяг самостійної роботи протягом семестру складає 78 ак. год. Структура самостійної роботи наступна.

Виконання модульної контрольної Роботи (8 ак. год.).

Підготовка до аудиторних занять (62 ак. год.).

Підготовка до екзамену (8 ак.год.)

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій і практичних занять є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача наукового ступеня. В разі пропуску лекцій аспірант опрацьовує її електронний варіант і викладає основні положення у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених практичних занять проводиться наприкінці семестру за окремим затвердженим графіком.

На аудиторних заняттях мобільні телефони мають бути відключені. Складні моменти тем, що виносяться на лекції можуть доручатися аспірантам для підготовки коротких доповідей до обговорень з метою збільшення активності слухачів. Завдання до виконання практичних занять видаються кожному студенту індивідуально, захищаються на черговому за розкладом практичному занятті. Завдання оформлюються у вигляді звітів.

Контрольна робота видається на початку семестра індивідуально кожному аспіранту і захищається у вигляді письмово виконаної роботи, що містить розрахунки і необхідний графічний матеріал (рисунок, графіки тощо) індивідуально за окремим графіком.

Питання, що мають дискусійний характер або можливості розв'язку різними методами, способами, технологіями підлягають обговоренню на практичних заняттях. Кожен з варіантів рішення проблеми готується відповідним доповідачем, а найкращий варіант визначається в процесі дискусійного обговорення групою.

Використовуються наступні правила заохочувальних і штрафних балів.

За роботу з удосконалення дидактичного матеріалу з дисципліни нараховується 5 балів, за підготовку і супроводження навчального відеофільму нараховується 3 бали. За підготовку міні доповіді з варіативного і дискусійного питання нараховується 3 бали, за творчий підхід до роботи, активну участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...4 балів.

За відсутність на практичному занятті без поважних причин знімається 2 бали. В разі визначення плагіату при виконанні контрольної роботи, або не самостійного виконання задач практичних занять їх результати анулюються.

Політика і принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки аспірантів і працівників університету визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

В процесі вивчення дисципліни студенти виконують контрольну роботу тривалістю 8 навчальних годин. Метою виконання контрольної роботи є контроль ступеню засвоєння студентами теоретичних знань, отриманих під час викладання лекційного матеріалу.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за наступне:

- 1) результати виконання практичних завдань;
- 2) лабораторні практикуми;
- 3) відповіді на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні практикуми та практичні заняття

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів дорівнює 2 балів x 18 = 36 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 2;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 1;
- не підготовлений – 0.

2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів дорівнює 8 балів x 1 = 8 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 8;
- неповне виконання завдання – 2...6;
- незадовільне виконання – 0.

Штрафні та заохочувальні бали:

- творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...4 балів;
- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +2...4 бали;
- відсутність на занятті без поважної причини: –1...–4 бал.

Максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів дорівнює 4.

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання усіх лабораторних робіт та КР.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 36 + 4 = 40 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання усіх лабораторних робіт та МКР.

3. Екзамен

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 60 % від R, а саме 60 балів, і складається з теоретичної частини, що містить два питання з різних тем.

- вільне володіння матеріалом, відповідь на усі додаткові питання – 30 балів;
- досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 23 бали;
- невпевнена відповідь на основне питання, не має відповіді на додаткові питання – 18 балів;
- не має відповіді на основне питання – 0 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_c + R_e = 40 + 60 = 100$ балів.

Рейтингові бали, R	Оцінка за університетською шкалою
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Умови позитивної проміжної атестації у семестрі.

Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш, ніж 10 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 14 балів).

Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш, ніж 20 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 26 балів).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем, к.т.н. Ларьковим С.М.

Ухвалено кафедрою космічної інженерії (протокол № 10/21 від 29.06.2021)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ ІАТ (протокол № 1 від 29.06.2021)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.