Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
_____ *В. В. Павліков*
(підпис) (ініціали та прізвище)
«___» _____ 2020 р.
Відділ аспірантури і докторантури

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Галузь знань *14 «Електрична інженерія»*
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність *142 «Енергетичне машинобудування»*
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма *«Енергетичне машинобудування»*
(код та найменування спеціальності)

Рівень вищої освіти *Третій (освітньо-науковий)*

Форма навчання *денна*

Харків – 2020

Робоча програма Моделювання об'єктів ракетно-космічної техніки
(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю *142 «Енергетичне машинобудування»*
освітньою програмою *«Енергетичне машинобудування»*

« *1* » липня 2020 р, *11* с.

Розробник: *професор каф. 402, д-р т. н.* (посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) *К.В. Безручко* (ініціали та прізвище)

Гарант ОНП: *Зав. кафедрою, д.т.н., професор* (посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) *С. В. Єпіфанов* (ініціали та прізвище)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу аспірантури і докторантури (підпис) *В. Б. Селевко* (ініціали та прізвище)

Голова наукового товариства студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених (підпис) *Т. П. Старовойт* (ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти</td><td>Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td>Галузь знань:
14
«Електрична інженерія
(шифр і назва)</td><td>Дисципліна вільного вибору здобувача</td></tr>
<tr><td>Кількість модулів – 2</td><td rowspan="5">Спеціальність:
142
«Енергетичне машинобудування»
(шифр і назва)</td><td>Навчальний рік</td></tr>
<tr><td>Кількість змістових модулів – 4</td><td>2021 / 2022</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне завдання:
Розрахунково-графічна робота
(назва)</td><td>Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 64/150</td><td>4-й</td></tr>
<tr><td>Лекції *</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Кількість тижневих годин для денної форми навчання:

аудиторних – 4

самостійної роботи– 5,4</td><td rowspan="9">Рівень вищої освіти

<u>Третій</u>
<u>(освітньо-науковий)</u></td><td>32 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні, семінарські *</td></tr>
<tr><td>32 год.</td></tr>
<tr><td>Лабораторні *</td></tr>
<tr><td>-</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>86 год.</td></tr>
<tr><td>Вид контролю</td></tr>
<tr><td>іспит</td></tr>
</table>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 64/86=0,74

** Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.*

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення надбання та зміцнення знань і навичок, необхідних для проектування апарату, що повинно підтвердитись у виконанні дипломного проекту за розподілом проектування та конструювання двигунів та систем, забезпеченні робочих параметрів та режимів космічних апаратів, математичному та фізичному моделюванні енергетичних та рушійних установок, основ їх оптимізації.

Завдання. Формування у студентів знань і навичок необхідних для проектування космічних апаратів, їх систем, компоновки та розміщення на ракеті-носії, з урахуванням заданих технічних умов та завдань до космічного апарату.

Результати навчання:

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- СК04. Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті.
- СК06. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в сфері енергетичного машинобудування та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, з метою їх представлення на міжнародних конференціях, симпозіумах.
- СК07. Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.
- СК08. Здатність до формування системного наукового світогляду, професійної етики та загального культурного кругозору.
- СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності у сфері енергетичного машинобудування.

Програмні результати навчання:

- ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, …) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.
- ПРН04. Розробляти, проектувати, модернізувати складні об'єкти енергетичного машинобудування, формувати вимоги до них, аналізувати адекватність методології проектування.
- ПРН08. Розуміти загальні принципи та методи енергетичного машинобудування, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері енергетичного машинобудування та у викладацькій практиці.
- ПРН11. Уміти управляти змістом, розкладом, вартістю, якістю, ризиками, людськими ресурсами та комунікаціями науково-технічних проектів в аерокосмічній галузі з відповідністю вимогам міжнародних стандартів
- ПРН14. Знати філософсько-світоглядні засади, сучасні тенденції, напрямки і закономірності розвитку вітчизняної та світової науки в умовах глобалізації й уміння їх використовувати в науково-дослідній та професійній діяльності у різних предметних галузях, у тому числі аерокосмічній галузі.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу «Моделювання об'єктів ракетно-космічної техніки» базується на загальних знаннях з таких дисциплін як «Обробка та аналіз результатів наукових досліджень з використанням ІТ» та «Наукові проблеми удосконалення робочих процесів об'єктів енергетичного машинобудування» та вибіркові компоненти переліка 2. Отримані знання є основою для успішної роботи над випускною роботою для отримання ступеня доктора філософії.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Опис і загальні характеристики ракет- носіїв і космічних апаратів.

Вступ до навчальної дисципліни. Предмет вивчення і завдання дисципліни. типи космічних апаратів (КА) і засобів їх виведення на орбіти. Космічна галузь України, її склад і призначення окремих напрямів.

Тема 1. Засоби доставки космічної техніки на орбіти. Класифікація ракет-носіїв (РН). Космодроми і космічні ракетні комплекси: їх структура і експлуатація.

Тема 2. Космічні апарати (КА). Загальне призначення і їх характеристики. Огляд КА в світі і в Україні. Особливості розміщення КА на РН.

Тема 3. Космічні апарати для дослідження планет Сонячної системи (Місяця, Венери, Марса і ін.)

Змістовий модуль 2. Системи електропостачання (СЕП) КА та рушійні установки (РУ). Забезпечення теплового режиму КА.

Тема 1. Опис складників КА.

Тема 2. Системи електропостачання сонячних СЕС для КА різних типів РУ КА.

Тема 3. Структура систем електропостачання (СЕС) КА, принципи і схеми їх розміщення на КА. Графіки електропостачання

Тема 4. Засоби і методи забезпечення теплового режиму КА. Рівняння теплового балансу КА і їх частин.

Модульний контроль

Змістовий модуль 3. Технологія побудови і застосування математичних і фізичних моделей КА та їх енергоустановок.

Тема 1. Загальні питання проектування космічних апаратів та їх енергоустановок.

Сучасні умови розробки автономних енергетичних установок (ЕУ) у космосі. Напрямки підвищення ефективності розробок ЕУ на основі моделювання. Основні стадії розробки автономних ЕУ. Питання застосування математичних й фізичних моделей при розв'язанні проектних та випробувальних завдань цих стадій (на стадіях технічного завдання, технічної пропозиції, ескізного проекту, технічного проекту, автономних і комплексних випробувань).

Тема 2. Узагальнені структури математичних й фізичних моделей КА.

Системотехнічний підхід (декомпозиція, еквівалентування, агрегування, тощо). Структурні схеми ЕУ.

Тема 3. Побудова математичних й фізичних моделей ЕУ КА.

Концепція раціональної побудови математичних й фізичних моделей ЕУ КА на рівнях: агрегатів, вузлів, елементів (на прикладі сонячної автономної енергоустановки.

Змістовий модуль 4. Розв'язання проектних завдань з використанням математичних і фізичних моделей.

Тема 1. Завдання, які розв'язуються з використанням математичного моделювання на різних стадіях розробки.

Методичний підхід при розв'язанні енергобаланс них, оптимізаційних, проектних та перевірочних завдань (на прикладі моделювання сонячної автономної енергоустановки). Особливості розробки програми випробувань (на прикладах). Взвємозв'язок математичного і фізичного моделювання.

Тема 2. Фізичне моделювання агрегатів сонячних ЕУ.

Структура, особливості й приклади застосування фізичних моделей, моделюючих систем та стендів для автономних досліджень та випробувань окремих агрегатів сонячних ЕУ в цілому.

Тема 3. Проектна документація, що використовується при розробці космічного апарату.

Проектна документація, що використовується при розробці космічного апарату. Роль моделювання у проектуванні КА. Використання стандартних вимог до моделювання. Особливості моделювання у навчальному процесі. Структура типового дипломного проекту з енергетики та двигунів космічного апарату.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Прийняті скорочення (л-лекційні заняття, п – практична робота, РГР – розрахунково-графічна робота).

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	У тому числі				
		л	п	лаб.	інд	с. р.
1	150	32	32	-	-	86
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Опис і загальні характеристики ракет-носіїв і космічних апаратів						
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Засоби доставки космічної техніки на орбіти.	6	2	—	—	—	4
Тема 2. Космічні апарати (КА). Загальне призначення.	8	2	—	—	—	6
Тема 3. Космічні апарати для дослідження планет.	9	3	—	—	—	6
Змістовий модуль 2. Системи електропостачання (СЕП) КА і рухові установки (РУ)						
Тема 1. Опис складників КА.	12	2	4	—	—	6
Тема 2. Системи електропостачання сонячних СЕП різних типів.	12	2	4	—	—	6
Тема 3. Структура систем електропостачання сонячних СЕП КА.	14	2	4	—	—	8
Тема 4. Засоби і методи забезпечення теплового режиму КА.	13	1	4	—	—	8
Модульний контроль	2	2	—	—	—	—
Усього за 1 модуль	76	16	16	—	—	**44**
Змістовий модуль 3. Технологія побудови і застосування математичних та фізичних моделей КА.						
Тема 1. Загальні питання проектування КА та їх енергоустановок.	12	2	—	—	—	10
Тема 2. Узагальнені структури математичних ті фізичних моделей КА.	16	2	4	—	—	10
Тема 3. Побудова математичних ті фізичних моделей ЕУ КА.	16	2	4	—	—	10
Змістовий модуль 4. Розв’язання проектних завдань з використанням математичних та фізичних моделей						
Тема 1. Завдання, які розв’язуються з використанням математичного моделювання на різних стадіях розробки.	6	2	—	—	—	4
Тема 2. Фізичне моделювання агрегатів сонячних ЕУ.	12	4	4	—	—	4
Тема 3.Проектна документація , що виконується при розробці	10	2	4	—	—	4

космічного апарату.						
Модульний контроль	**2**	2	—	—	—	—
Усього за 2 модуль	**74**	16	16	—	—	42
Усього годин	**150**	**32**	**32**	**—**	**—**	**86**

5. Теми семінарських занять

№	Назви занять	Кількість годин
1	—	—

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опис складників КА.	4
2	Системи електропостачання сонячних СЕП різних типів.	4
3	Структура систем електропостачання сонячних СЕП КА.	4
4	Засоби і методи забезпечення теплового режиму КА.	4
5	Узагальнені структури математичних ті фізичних моделей КА.	4
6	Побудова математичних ті фізичних моделей ЕУ КА.	4
7	Фізичне моделювання агрегатів сонячних ЕУ.	4
8	.Проектна документація , що виконується при розробці космічного апарату.	4
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№	Назви занять	Кількість годин
1	—	—

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Космічний апарат КА: загальні визначення, способи виведення на орбіти, класифікація КА за призначенням, виконуваним завданням, умовам роботи на орбіті. Склад КА (таблиця). Приклади навколоземних КА ШСЗ.	8
2	Типи ракет-носіїв (РН) (послідовної і паралельної схем ; приклади). Бойові і цивільні ракети. Класифікація РН за масою корисного вантажу, що виводиться, способом і місцем старту.	8
3	Малі КА: мікросупутники, наносупутники, пікспутникі. Концепція мікросупутників і виконувані завдання.	8
4	Орбіти КА: (перелік основних орбіт). Основні типи орбіт (таблиця) і їх особливості. Основні параметри орбіт.	8
5	Еволюція побудови космічних апаратів (КА) і ракет - носіїв (РН).	8
6	Структура побудови математичної моделі сонячної батареї.	8

7	Роль математичних і фізичних моделей на різних стадіях проектування.	8
8	Побудова структури математичної моделі СЕС на рівні елементів.	8
9	Структура багатоцільового моделюючого експериментального стенду.	8
10	Основні способи регулювання зовнішнього теплопостачання КА (пасивні і активні): покриття, жалюзі, екранно-вакуумна ізоляція і ін.	8
11	Селективні покриття - суть, приклади.	6
	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

№	Назви занять	Кількість годин
1		

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), а також в літературних джерелах.

11. Методи контролю

Виконання та захист практичних робіт, письмовий модульний контроль, фінальний контроль (іспит) у вигляді підсумку балів за семестр, семестровий контроль(іспит).

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту у вигляді письмового іспиту (комплексне завдання). При складанні семестрового іспиту має можливість отримати максимум 100 балів.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачи

12.1 Розподіл балів, які отримують здобувачи (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0…1	5	0…5
Виконання і захист практичних (лабораторних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	10…15	1	10…15
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0…1	5	0…5
Виконання і захист практичних (лабораторних) робіт	3...5	4	12...20
Виконання і захист РГР	10…15	1	10…15
Усього за семестр			**60…100**

12.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки здобувач повинен

знати:

- Необхідний обсяг знань для ознайомлення з вимогами до космічних апаратів різних країн тиа їх призначення;

- способи дослідження характеристик космічних апаратів.
- устрій основних вузлів, агрегатів і систем космічних апаратів;
- методи розрахунку і конструювання основних агрегатів, вузлів і систем електрорушійних установок;
- методи захисту агрегатів, вузлів і систем від зовнішніх і внутрішніх впливів;
- методи розрахунків на міцність і жорсткість різноманітних деталей і вузлів космічних апаратів;
- методи конструювання і розрахунків енергетичних ситем з урахуванням технологічних і експлуатаційних вимог;

вміти:

- експериментально застосовувати методи та особливостей теоретичних розрахунків при моделюванні процесів та характеристик космічних апаратів.

12.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати основні методи діагностування. Вміти використовувати методи статистичних рішень. Мати уяву про сучасні способи проектування космічних апаратів, та їх вузлів з урахуванням призначення космічного апарату**.**

Добре (75-89). Усі вимоги, які необхідні для оцінки задовільно. Знати способи дослідження характеристик КА. Устрій основних вузлів, агрегатів і систем; методи розрахунку і конструювання основних агрегатів, вузлів і систем КА. Вміти аналізувати результати теоретичного та експериментального моделювання характеристик КА та вузлів КА.

Відмінно (90-100). Усі вимоги, які необхідні для оцінки добре. Знати вивчення сучасних способів проектування елементів та вузлів КА з урахуванням специфіки зовнішніх та внутрішніх факторів, призначення КА, часу експлуатації, обмежень ваги та інше при теоретичному та експериментальному моделюванні об’єктів РКТ. Вміти застосовувати теоретичні розрахунки при проектуванні об’єктів РКТ.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Визначити підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення практичних занять та лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті:

Безручко К. В. Расчет характеристик солнечных батарей на основе математических моделей/ Методичний посібник – Харьків, ХАІ, 1996.- 39 с . https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510069291

Навчально-методичний комплекс який включає в себе:

- скановану копію робочої програми з дисципліні «Моделювання об’єктів ракетно-космічної техніки»;
- розширений план лекцій з дисципліні «Моделювання об’єктів ракетно-космічної техніки»;

- контрольні питання з дисципліні «Моделювання об’єктів ракетно-космічної техніки»;
- перелік навчально-методичного забезпечення з дисципліні «Моделювання об’єктів ракетно-космічної техніки»;
- рекомендації та вказівки до самостійної роботи з дисципліні «Моделювання об’єктів ракетно-космічної техніки» розміщено на www.khai.edu.

14. Рекомендована література

Базова

1 Схеми енергетичних і двигунних установок для космічних апаратів [Текст]: навч. посібник / К. В. Безручко, С. Ю. Нестеренко, С. О. Огієнко, С. В. Сінченко. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2016. – 188 с. https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510477969

2 Безручко К.В., Гайдуков В.Ф., Губин С.В. и др. Солнечные батареи автоматических космических аппаратов (компоновка на КА, конструкция узлов, проектировочные расчеты) - Учеб. пособие с грифом Мин. обр. и науки Украины. - Харьков, ХАИ, 2002. -276с.

3. Безручко К.В., Белан Н.В., Белов Д.Г., Губин С.В., Драновский В.И., Кривцов В.С., Перекопский И.Т., Туркин И.Б. Солнечные энергосистемы космических аппаратов. Физическое и математическое моделирование-Книга - Гос. аэрокосм. ун-т "ХАИ", -2000. -515 с. https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=99003206

4. Белан Н. В., Безручко К. В., Елисеев В. Б., Ковалевский В.В., Летин В.А. Бортовые енергосистемы космических аппаратов на основе солнечных и химических батарей. Часть 1, 2 Методичний посібник – Х. ХАІ, 1992.- 191 с. https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510068005

Допоміжна

1 Системы электропитания космических аппаратов / Б. П. Соустин, В. И. Иванчура, А. И: Чернышев, Ш. Н. Исляев. Новосибирск. ВО «Наука» Сибирская издательская фирма. 1994. - 318 с.

2. Ванке В. А. и др. Космические знергосистемы. М.: Машиностроение. 1990. - 144 с.

3. Попов В. И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1986, 182 с.

4. Захаров Ю. А. Проектирование межорбитальных космических аппаратов М.:. - Машиностроение, 1984,176 с.

5. Теория и расчет энергосиловыгх установок космических летательных аппаратов, учебн. для авиац. спец, вузов / М.: Машиностроение. 1984. - 332 с.

15. Інформаційні ресурси

Інтернет-адреса постійного розміщення опису робочої програми:

https://khai.edu/ua/education/osvitni-programi-i-komponenti/osvitni-programi-phd/energetichne-mashinobuduvannya2/perelik-komponentiv16/

https://khai402.info/