

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи



В. В. Павліков

(ініціали та прізвище)

2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури

РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ТА КОНСТРУ-
ЮВАННЯ КОСМІЧНИХ ЕНЕРГОРУШІЙНИХ УСТАНОВОК

(назва навчальної дисципліни)

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 Науково-технічні проблеми проектування та конструювання космічних енергорушійних установок

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю
освітньою програмою

142 «Енергетичне машинобудування»

«Енергетичне машинобудування»

« 1 » _____ липня _____ 2020 р, _____ 13 _____ с.

Розробник:

Декан, к.т.н.,
професор

(посада, науковий ступінь
та вчене звання)


(підпис)

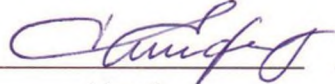
С. В. Губін

(ініціали та прізвище)

Гарант ОНП:

Зав. кафедрою, д.т.н.,
професор

(посада, науковий ступінь
та вчене звання)


(підпис)

С. В. Єніфанов

(ініціали та прізвище)

ПОГОДЖЕНО:

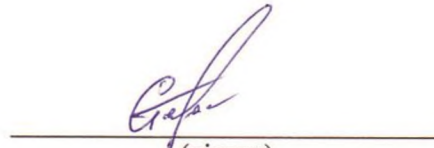
Завідувач відділу аспірантури
і докторантури


(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

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	Галузь знань: <i>14</i> <u>«Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	<i>Вибіркова</i>
Кількість модулів – 2	Спеціальність: <i>142</i> <u>«Енергетичне машинобудування»</u> (шифр і назва)	Навчальний рік <i>2021 / 2022</i>
Кількість змістових модулів – 2		Семестр
Індивідуальне завдання: (назва)		<i>3-й</i>
Загальна кількість годин <i>денна – 64*/150</i>		Лекції * <i>32 год.</i>
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи – 5,4	Рівень вищої освіти <i>Третій</i> <u>(освітньо-науковий)</u>	Практичні, семінарські * <i>32 год.</i>
		Лабораторні * <i>-</i>
		Самостійна робота <i>86 год.</i>
		Вид контролю <i>істит</i>

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.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: Засвоєння підходів до постановки та вирішення задач науково-технічних досліджень космічних енергорушійних установок з використанням методів математичного, фізичного та імітаційного моделювання.

Завдання: вивчення методів постановки та вирішення наукових проблем із застосуванням сучасних засобів створення елементів енергетичних та рушійних установок і установок в цілому для космічного призначення з використанням методів моделювання на усіх етапах життєвого циклу.

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 «Науково-технічні проблеми проектування та конструювання космічних енергорушійних установок» базується на загальних знаннях з таких дисциплін як «Наукові проблеми удосконалення робочих процесів об'єктів енергетичного машинобудування», «Специфіка теоретичних та експериментальних досліджень космічних енергорушійних установок», «Обробка та аналіз результатів наукових досліджень з використанням ІТ». Отримані знання є основою для успішної роботи над випускною роботою для отримання ступеня доктора філософії

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовний модуль 1. Науково-технічні задачі проектування, конструювання, випробувань і експлуатації енергетичних установок космічних апаратів

Тема 1. Енергорушійні установки космічних апаратів. Поняття ЕРУ. Структура, застосування, етапи розвитку, перспективи розробки. Сучасні умови розробки енергетичних систем КА та електрорушійних установок. Можливі напрямки підвищення ефективності цих розробок. Засоби моделювання.

Тема 2. Моделювання при вирішенні задач проектування, конструювання, випробувань і експлуатації СЕС Завдання моделювання сонячних СЕС на різних стадіях їх життєвого циклу. Технологія побудови структур моделей сонячних СЕС. Електроенергетичний розрахунок СЕС при проектуванні КА. Енергобалансні завдання СЕС, які вирішуються з використанням математичних моделей. Основні положення оцінки надійності СЕС. Застосування математичних моделей для створення комплексів діагностичного забезпечення СЕС.

Тема 3. Математичне моделювання фотоперетворювачів і фотоелектричних батарей. Математичні моделі і методи ідентифікації вольт-амперних характеристик ФП і БФ з урахуванням зовнішніх факторів. Математичні моделі вольтамперних характеристик ФП і БФ, засновані на схемі заміщення. Динамічні моделі ФП і БФ

Тема 4. Математичне моделювання хімічних джерел струму. Математичний опис основних електрохімічних процесів акумуляторів космічного призначення. Структура математичної моделі акумулятора і методи аналітичного уявлення характеристик. Математичні моделі характеристик електрохімічних акумуляторів, засновані на схемі заміщення. Динамічні моделі акумулятора.

Тема 5. Фізичне моделювання СЕС. Фізичні моделі імітатори для дослідження і випробувань агрегатів сонячних СЕС. Експериментальні моделюють стенди для дослідження і випробувань СЕС в цілому. Системи забезпечення режимів роботи об'єктів досліджень. Інформаційно-керуючі системи моделюючих стендів СЕС. Принципи експериментального відпрацювання СЕС. Автономна відпрацювання СЕС. Комплексне відпрацювання СЕС.

Тема 6. Особливості конструкції сучасної енергетичної установки космічного апарату. Особливості конструкції сучасної енергетичної установки космічного апарату на основі фотоелектричної й акумуляторної батареї. Науково-технічні проблеми компоновання СЕЗ на КА. Тривимірне моделювання конструкцій БФ та БХ, їхнє компоновання на КА.

Тема 7. Силкові елементи фотоелектричної батареї та їх механізми. Проблеми моделювання силових елементів. Проблеми вибору матеріалу конструкцій. Оптимізація маси з обмеженням структурної та фізичної надійності силових елементів БФ. Моделювання кінематики. Наукові проблеми конструювання механізмів розкриття. Визначення конструкційних матеріалів.

Тема 8. Особливості конструкції хімічної батареї КА. Наукові проблеми створення конструкції батареї хімічної. Моделювання оптимальних конструкцій за обмеженням теплових режимів роботи, електромагнітної сумісності, надійності, вартості.

Модульний контроль

Модуль 2

Змістовний модуль 2. Науково-технічні задачі проектування, конструювання, випробувань і експлуатації електроракетних двигунів.

9. Двигуни малих тяг, що до використання на космічному апараті. Рухові установки орбітального маневрування. Рухові установки кутової орієнтації та стабілізації космічного апарату. Вимоги до розташування зі створення необхідних моментів та кутових швидкостей. Проектувальні розрахунки. Поняття про енергорушійну установку. Математичне моделювання динаміки польоту з використанням ЕРД.

10. Електротермічні рухові установки (ЕТРУ). Діапазон та особливості застосування. Особливості побудови математичних моделей. Проектні розрахунки. Стендові випробування. Приклади використання на космічних апаратах.

11. Рухові установки з імпульсними плазовими двигунами (ПД). Діапазон та особливості застосування. Математичне моделювання та розробка конструкції прискорювача плазми та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Стендові випробування.

12. Рухові установки зі стаціонарними плазовими двигунами (СПД). Діапазон та особливості застосування. Математичне моделювання та розробка конструкції прискорювача плазми та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Фізичне моделювання та конструювання прискорювача та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Захист від космічного простору. Електромагнітна сумісність. Стендові випробування.

13. Рухові установки з плазово-іонними двигунами (ПД). Діапазон та особливості застосування. Математичне моделювання та розробка конструкції прискорювача плазми та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Фізичне моделювання та конструювання прискорювача та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Захист від космічного простору. Електромагнітна сумісність. Стендові випробування.

14. Науково-технічні проблеми організації електроживлення електроракетних двигунів (ЕРД). Електроживлення електронагрівного (омічного) двигуна (ЕНД), моделювання та дослідження процесів. Електроживлення дугового плазового двигуна (ЕДД), моделювання та дослідження процесів. Електроживлення холлівських плазових прискорювачів. Електроживлення стаціонарного плазового двигуна (СПД), моделювання та дослідження процесів. Електроживлення іонних плазових прискорювачів. Електроживлення плазово-іонного двигуна (ПІД), моделювання та дослідження процесів. Алгоритми та логіка автоматичного керування електроживленням плазових прискорювачів та автоматикою арматури подачі робочого тіла. Організація каналів електроживлення та енергетичного інтерфейсу.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1 Науково-технічні задачі проектування, конструювання, випробувань і експлуатації енергетичних установок космічних апаратів.						
ТЕМА 1. Енергорушійні установки космічних апаратів. Поняття ЕРУ. Структура, застосування, етапи розвитку, перспективи розробки. Сучасні умови розробки енергетичних систем КА та електрорушійних установок. Можливі напрямки підвищення ефективності цих розробок. Засоби моделювання.	3	1	-	-	-	2
ТЕМА 2. Моделювання при вирішенні задач проектування, конструювання, випробувань і експлуатації СЕС Завдання моделювання сонячних СЕС на різних стадіях їх життєвого циклу. Технологія побудови структур моделей сонячних СЕС. Електроенергетичний розрахунок СЕС при проектуванні КА. Енергобалансні завдання СЕС, які вирішуються з використанням математичних моделей. Основні положення оцінки надійності СЕС. Застосування математичних моделей для створення комплексів діагностичного забезпечення СЕС.	10	2	2	-	-	6
ТЕМА 3. Математичне моделювання фотоперетворювачів і фотоелектричних батарей.	14	2	2	-	-	10

Математичні моделі і методи ідентифікації вольт-амперних характеристик ФП і БФ з урахуванням зовнішніх факторів. Математичні моделі вольтамперних характеристик ФП і БФ, засновані на схемі заміщення. Динамічні моделі ФП і БФ.						
ТЕМА 4. Математичне моделювання хімічних джерел струму. Математичний опис основних електрохімічних процесів акумуляторів космічного призначення. Структура математичної моделі акумулятора і методи аналітичного уявлення характеристик. Математичні моделі характеристик електрохімічних акумуляторів, засновані на схемі заміщення. Динамічні моделі акумулятора.	12	2	4	-	-	6
ТЕМА 5. Фізичне моделювання СЕС. Фізичні моделі імітатори для дослідження і випробувань агрегатів сонячних СЕС. Експериментальні моделюючі стенди для дослідження і випробувань СЕС в цілому. Системи забезпечення режимів роботи об'єктів досліджень. Інформаційно-керуючі системи моделюючих стендів СЕС. Принципи експериментального відпрацювання СЕС. Автономна відпрацювання СЕС. Комплексне відпрацювання СЕС.	10	2	4	-	-	4
ТЕМА 6. Особливості конструкції сучасної енергетичної установки космічного апарату. Особливості конструкції сучасної енергетичної установки космічного апарату на основі фотоелектричної й акумуляторної батареї. Науково-технічні проблеми компонування СЕЗ на КА. Тривимірне моделювання конструкцій БФ та БХ, їхнє компонування на КА.	6	2	-	-	-	4
ТЕМА 7. Силкові елементи фотоелектричної батареї та їх механізми. Проблеми моделювання силових елементів. Проблеми вибору матеріалу конструкцій. Оптимізація маси з обмеженням структурної та фізичної надійності силових елементів БФ. Моделювання кінематики. Наукові проблеми конструювання механізмів розкриття. Визначення конструкційних матеріалів.	7	2	2	-	-	3
ТЕМА 8. Особливості конструкції хімічної батареї КА. Наукові проблеми створення конструкції батареї хімічної. Моделювання оптимальних конструкцій за обмеженням теплових режимів роботи, електромагнітної сумісності, надійності, вартості.	12	2	2	-	-	8
Модульний контроль	1	1				
Разом за змістовим модулем 1	75	16	16	-	-	43
Змістовий модуль 2 Науково-технічні задачі проектування, конструювання, випробувань і експлуатації електроракетних двигунів.						
ТЕМА 9. Двигуни малих тяг, що до використання на космічному апараті. Рухові установки орбітального маневрування. Рухові установки кутової орієнтації та стабілізації космічного апарату. Вимоги до розташування зі створення необхідних моментів та	5	1	-	-	-	4

кутових швидкостей. Проектувальні розрахунки. Поняття про енергорушійну установку. Математичне моделювання динаміки польоту з використанням ЕРД.						
--	--	--	--	--	--	--

ТЕМА 10. Електротермічні рухові установки (ЕТРУ). Діапазон та особливості застосування. Особливості побудови математичних моделей. Проектні розрахунки. Стендові випробування. Приклади використання на космічних апаратах.	6	2	-	-	-	4
ТЕМА 11. Рухові установки з імпульсними плазовими двигунами (ПД). Діапазон та особливості застосування. Математичне моделювання та розробка конструкції прискорювача плазми та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Стендові випробування.	10	2	-	-	-	8
ТЕМА 12. Рухові установки зі стаціонарними плазовими двигунами (СПД). Діапазон та особливості застосування. Математичне моделювання та розробка конструкції прискорювача плазми та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Фізичне моделювання та конструювання прискорювача та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Захист від космічного простору. Електромагнітна сумісність. Стендові випробування.	12	2	8	-	-	2
ТЕМА 13. Рухові установки з плазово-іонними двигунами (ПД). Діапазон та особливості застосування. Математичне моделювання та розробка конструкції прискорювача плазми та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Фізичне моделювання та конструювання прискорювача та арматури системи зберігання і подачі робочого тіла. Захист від космічного простору. Електромагнітна сумісність. Стендові випробування.	10	2	-	-	-	8
ТЕМА 14. Науково-технічні проблеми організації електроживлення електроракетних двигунів (ЕРД). Електроживлення електронагрівного (омічного) двигуна (ЕНД), моделювання та дослідження процесів. Електроживлення дугового плазового двигуна (ЕДД), моделювання та дослідження процесів. Електроживлення холлівських плазових прискорювачів. Електроживлення стаціонарного плазового двигуна (СПД), моделювання та дослідження процесів. Електроживлення іонних плазових прискорювачів. Електроживлення плазово-іонного двигуна (ПД), моделювання та дослідження процесів. Алгоритми та логіка автоматичного керування електроживленням плазових прискорювачів та автоматикою арматури подачі робочого тіла. Організація каналів електроживлення та енергетичного інтерфейсу.	31	6	8	-	-	17
Модульний контроль	1	1				
Разом за змістовим модулем 2	75	16	16	-	-	43
Усього годин	150	32	32	-	-	86

5. Теми семінарських занять

№	Назви занять	Кількість годин
1		

6. Теми практичних занять

Теми змістових модулів	№	Назви занять	Кількість Годин
Тема 2	1	Вирішення тестової енергобалансової задачі на підґрунті базової математичної моделі СЕЗ.	2
Тема 3	2	Побудова та аналіз базової моделі фотоелектричного перетворювача відповідно схеми заміщення та тестове відпрацювання.	2
Тема 4	3	Побудова та аналіз базової моделі електрохімічного акумулятора, заснованої на схемі заміщення.	4
Тема 5	4	Побудова та аналіз базової аналого-фізичної моделі СЕЗ і її відпрацювання.	4
Тема 7	5	Побудова та аналіз базової твердотільної моделі силової панелі сонячної батареї	2
Тема 8	6	Побудова та аналіз базової твердотільної моделі акумуляторної батареї	2
Тема 12	7	Побудова та аналіз математичної моделі електроракетного двигуна за схемою заміщення, щодо дослідження динамічних характеристик запуску та відсічки.	8
Тема 14	8	Побудова та аналіз математичної моделі системи електроживлення електроракетного двигуна для стаціонарних та перехідних режимів.	8
		Разом	34

7. Теми лабораторних занять

№	Назви занять	Кількість годин
1		

8. Самостійна робота

Теми змістових модулів	Назва теми	Кількість годин
Тема 1	Засоби моделювання електрорушійних установок космічних апаратів.	2
Тема 2	Наукові дослідження ЕРУ. задачі моделювання, типи моделей СЕЗ.	6
Тема 3	Фактори впливу на характеристики сонячних батарей та їх врахування при моделюванні.	10
Тема 4	Особливості моделювання динамічних характеристик хімічних акумуляторів. Потенціал Варбурга.	6
Тема 5	Ознайомлення зі стендовою базою моделювання СЕЗ та обмеженням параметрів, що доступні для дослідження.	4
Тема 6	Проблеми формування тензору інерції космічного апарату у взаємозв'язку з вектором напрямку на Сонце. Вектором руху, вектором	4

	напрямку на Землю, тощо.	
Тема 7	Методи компенсації електромагнітного поля розгалужених сонячних батарей.	3
Тема 8	Особливості конструювання смарт акумуляторів та модулів накопичення енергії.	8
Тема 9	Погодження вектору тяги відповідно зв'язаної системи координат космічного апарату та його юстирування.	4
Тема 10	Процеси у прискорювачах що мають дисоціацію робочого тіла.	4
Тема 11	Методи та засоби накопичення енергії для імпульсних плазмових двигунів.	8
Тема 12	Деградація елементів прискорення робочого тіла та методи її компенсації.	2
Тема 13	Деградація газорозрядної камери та іонно-оптичної системи і методи її компенсації.	8
Тема 14	Схеми вторинних перетворювачів електроживлення та їх елементна база.	17
	Разом	140

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 наукових виданнях.

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 студенти

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...0,5	12	0...6
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...24	1	0...24
Модуль 2			
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	13	0...6
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...24	1	0...24
Усього за семестр			0...100

12.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- засади створення структур енергорушійних установок та напрямки підвищення їх ефективності;
- основні методи досліджень ЕРУ, методи та межі математичного, фізичного та імітаційного моделювання;
- принципи побудови, типові структури та методи аналізу математичних моделей фотоелектричних і хімічних батарей космічного призначення;
- принципи побудови, типові структури та методи аналізу фізичних моделей систем енергозабезпечення космічного призначення;
- базові елементи конструкції фотоелектричних і хімічних батарей, особливості вибору схем розташування та матеріалів вузлів, агрегатів і енергетичних установок у цілому;
- методи прийняття технічних рішень з використання електрорушійних установок космічних апаратів;
- методи математичного, фізичного та математичного моделювання для визначення характеристик електрорушійних установок і їх елементів, а також постановки задачі оптимізації;
- основні методи забезпечення електроживлення електрорушійних установок з врахуванням якості і надійності та визначення оптимальних розходів енергії;

вміти:

- аналізувати та ставити задачу дослідження енергорушійних установок космічних апаратів згідно до вимог перспективних розробок;
- визначати типи та методи побудови математичних, фізичних та імітаційних моделей і методи їх поєднання з реальними об'єктами для вирішення задач створення перспективних розробок ЕРУ;
- проводити моделювання та обробку результатів відповідно до вимог перспективних розробок;
- робити висновки щодо результатів вирішення задач проектування та конструювання ЕРУ на різних типах моделей та/або їх поєднання з реальними елементами та агрегатами.

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 постановки та вирішення задач проектування та конструювання ЕРУ. Вміти побудувати необхідні математичні моделі вузлів та агрегатів ЕРУ. Мати уяву про обробку результатів моделювання для врахування у проектуванні елементів та вузлів енергетичних та рушійних установок космічного призначення.

Добре (75-89). Усі вимоги, які необхідні для оцінки задовільно. Знати особливості прийняття технічних рішень щодо створення ЕРУ. Вміти використовувати методи моделювання до побудови нових типів ЕРУ, їх основних вузлів, агрегатів і систем.

Відмінно (90-100). Усі вимоги, які необхідні для оцінки добре. Знати особливості розвитку методів дослідження на основі моделювання та інтеграції реальних об'єктів як вузлів енергетичних та рушійних установок космічного призначення, постановки задач оптимізації. Вміти формувати перспективні задачі дослідження.

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

Безручко К. В., Белан М. В., Белов Д. Г. та ін. Сонячні енергосистеми космічних апаратів. Фізичне і математичне моделювання / під ред. Конюхова С. М., Харків, Держ. аерокосмічний ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2000, 515 с

https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=99003206

14. Рекомендована література**Базова**

1. Сонячні батареї автоматичних космічних апаратів (компоновка на КА, конструкція вузлів, проектувальні розрахунки) / К. В. Безручко, В. Ф. Гайдуков, С. В. Губін, В. Й. Драновський, Я. С. Карпов, І. Б. Туркін. - Навч. посібник для технічних ВНЗ і спеціальностей аерокосмічного профелю. - Харків: Нац. аерокосмічний ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2011. - 276 с.

https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510359611

2. Електрореактивні рухові установки: навч. посіб. / М. О. Маштилев, Ю. О. Шепетов, Л. О. Базима. - Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіація. ін-т», 2010. - 353 с.

https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510350699

1. Космічні літальні апарати. Введення в космічну техніку: Навч. посібник / Ю. Ф. Данієв, О. В. Демченко, В. С. Зєвако, А. М. Кулабухов, В. В. Хуторний; під заг. ред. д-р техн. наук, проф. О. М. Петренко. - Дніпро: АРТ-ПРЕС, 2007. - 456 с.

2. Patel, Mukund R., Spacecraft power systems / Mukund R. Patel p.cm. 2005 by CRC Press, 691 p

3. Space Mission Analysis and Design. Third Edition Edited by Wiley J. Larson United States Air Force Academy and James R. Wertz Microcosm, Inc. Space Technology Library. Published Jointly by Microcosm Press El Segundo, California Kluwer Academic Publishers Dordrecht\Boston\London

4. Spacecraft Structures Wijker, Jacob Job. Berlin: Springer, 2008.

5. Small Satellites for Earth Observation. Editors Rainer Sandau, Hans-Peter Röser, Arnoldo Valenzuela ISBN: 978-1-4020-6942-0 (Print) 978-1-4020-6943-7 (Online)

Допоміжна

1. Белан М. В. Стационарный плазмовый двигатель: Навчальний посібник [Текст] / М. В. Белан, А. І. Оранський, В. П. Кім, В. Б. Тихонов. - Х.: ХАІ, 1989. - 42 с.

https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=67001560

2. Белан М. В. Розрахунок і проектування рухових установок зі стаціонарним плазменним двигуном: Навчальний посібник [Текст] / М. В. Белан, В. П. Кім, Д. Д. Севрук. - Х.: ХАІ, 1987. - 102 с.

https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510521049

3. Петровичев М. О. Система енергозабезпечення бортового комплексу космічних апаратів: навч. посібник / М. О. Петров, О. С. Гуртів. Самара: Вид-во Самар. держ. аерокосм. ун-ту, 2007. -88 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/>