

**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**

**СПЕЦИФІКА ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ**  
**ДОСЛІДЖЕНЬ КОСМІЧНИХ ЕНЕРГІЙНИХ УСТАНОВОК**

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)

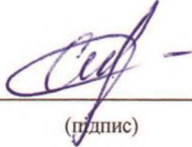
Форма навчання

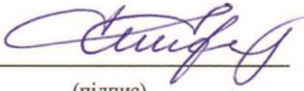
денна

**Харків – 2020**

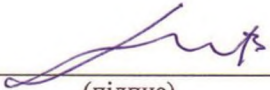
Робоча програма Специфіка теоретичних та експериментальних досліджень космічних енергорушійних установок  
 (назва дисципліни)  
 для студентів за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»  
 освітньою програмою «Енергетичне машинобудування»

« 1 » липня 2020 р, 12 с.

Розробник: Зав. кафедрою 402, к.т.н.  С.В. Сінченко  
 (посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

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

ПОГОДЖЕНО:

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

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

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників                                                                                             | Галузь знань, спеціальність,<br>рівень вищої освіти                                               | Характеристика навчальної<br>дисципліни         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                                                                                                     |                                                                                                   | денна форма навчання                            |
| Кількість кредитів – 7,5                                                                                            | <b>Галузь знань:</b><br><i>14</i><br><u>«Електрична інженерія»</u><br>(шифр і назва)              | <i>Дисципліна вільного вибору<br/>здобувача</i> |
| Кількість модулів – 2                                                                                               | <b>Спеціальність:</b><br><i>142</i><br><u>«Енергетичне<br/>машинобудування»</u><br>(шифр і назва) | <b>Навчальний рік</b>                           |
| Кількість змістових модулів – 2                                                                                     |                                                                                                   | <i>2020 / 2021</i>                              |
| <b>Індивідуальне завдання:</b>                                                                                      |                                                                                                   | <b>Семестр</b>                                  |
| (назва)                                                                                                             |                                                                                                   |                                                 |
| <b>Загальна кількість годин –<br/>85*/225</b>                                                                       |                                                                                                   | <i>4-й</i>                                      |
| <b>Кількість тижневих годин для<br/>денної форми навчання:</b><br><br>аудиторних – 5<br><br>самостійної роботи– 8,2 | <b>Рівень вищої освіти</b><br><br><i>Третій</i><br><u>(освітньо-науковий)</u>                     | <b>Лекції *</b>                                 |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | <i>51 год.</i>                                  |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | <b>Практичні, семінарські *</b>                 |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | <i>34 год.</i>                                  |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | <b>Лабораторні *</b>                            |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | <i>-</i>                                        |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | <b>Самостійна робота</b>                        |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | <i>140 год.</i>                                 |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | <b>Вид контролю</b>                             |
|                                                                                                                     |                                                                                                   | іспит                                           |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання –  $85 / 140 = 0,6$

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення:** вивчення методів та особливостей теоретичних та експериментальних досліджень космічних енергорушійних установок.

**Завдання:** вивчення сучасних способів проектування елементів та вузлів енергетичних та рушійних установок космічного призначення з урахуванням специфіки зовнішніх та внутрішніх факторів, часу експлуатації, обмежень ваги та інше при теоретичному та експериментальному дослідженні космічних енергорушійних установок.

**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 *«Специфіка теоретичних та експериментальних досліджень космічних енергорушійних установок»* 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».

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Модуль 1.

**Змістовний модуль 1.** Вимоги до основних частин електрорушійних та енергетичних установок космічних апаратів. Теоретичні дослідження.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни. Предмет вивчення і задачі дисципліни.

Тема 2. Задачі, які виконують космічні апарати (КА). Поняття електроракетної рушійної установки (ЕРРУ). Склад ЕРРУ. Принципові схеми ЕРРУ, загальні відомості і характеристики. Призначення і склад окремих систем ЕРРУ. Особливості експлуатації ЕРРУ. Вплив факторів космічного простору на ЕРРУ.

Тема 3. Ознайомлення та з вимогами до ЕРРУ. Вимоги до ЕРРУ: властива маса, економічність, надійність і довговічність, радіаційна безпека. Поняття електроракетного двигуна (ЕРД). Історія розвитку ЕРД. Основні області завдань, що вирішуються за допомогою ЕРД. Класифікація ЕРД. Підсистеми ЕРРУ на базі ЕРД. Порівняння характеристик різних ЕРД.

Тема 4. Електрореактивний двигун (ЕРД). Класифікація ЕРД. Вимоги до ЕРД. Стадії проектування ЕРД. Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність. Основна термінологія курсу міцності (поняття міцності, напруження, деформація, подовження).

Тема 5. Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність. Навантаження, що діють на елементи конструкції ЕРРУ. Види випробувань ЕРРУ. Стандарти.

Тема 6. Матеріали, які використовуються в ЕРРУ. Вимоги до матеріалів, з'єднань та припаїв ЕРРУ. Поняття запас міцності, діаграма деформування матеріалу, межа пружності, тощо.

Тема 7. Запас міцності короткоресурсних деталей. Запас міцності деталей, які працюють довгостроково. Поняття пластичності, повзучості. Розрахунок деталей ЕРРУ на повзучість.

Тема 8. Основні співвідношення при розрахунку поведінки пружно-пластичного тіла ЕРРУ. Діаграма швидкості повзучості. Діаграма меж тривалої міцності. Запас тривалої міцності. Діаграма меж повзучості. Запас повзучості деталі ЕРРУ. Інтерполяція діаграм тривалої міцності. Розрахунок деформації повзучості деталі ЕРРУ. Одновісний напружений стан. Складно-напружений стан.

#### Модульний контроль

#### Модуль 2.

**Змістовний модуль 2.** Особливості експериментальних досліджень електрорушійних та енергетичних установок космічних апаратів.

Тема 9. Специфіка механізму прискорення робочої речовини (РР) в ЕРРУ. Теплове прискорення робочої речовини в ЕРРУ. Електромагнітне прискорення робочої речовини в ЕРРУ.

Тема 10. Особливості експериментальних досліджень тяги, питомого імпульсу, тягового ККД, споживної потужності, енергетичної ціни тяги, оптимального значення питомого імпульсу, питомої маси ЕРРУ, потенціалу плазми, енергетичної ціни іона).

Тема 11. Система зберігання та подачі робочої речовини (СЗПРР). Вимоги до СЗПРР. Основні функції СЗПРР. Зовнішні умови роботи СЗПРР. Принципова схема СЗПРР з газоподібною РР. Основні вимоги до схеми СЗПРР з парогенератором. Основні вимоги до баків СЗПРР. Основні функції редуктора СЗПРР. Основні вимоги до фільтрів СЗПРР.

Тема 12. Аномальні та аварійні режими в системах живлення ЕРРУ.

Тема 13. Критерії якості при оптимальному проектуванні ЕРРУ та питання надійності. Проблеми та методи пошуку оптимальних проектних рішень для системи живлення і керування (СЖК) ЕРРУ.

Тема 14. Вплив космічного середовища на матеріали та елементи СЖК ЕРРУ. Методи та засоби захисту ЕРРУ від впливу космічного середовища. Методи та засоби захисту СЖК ЕРРУ від впливу космічного середовища.

Тема 15. Теплообмін в умовах космічного простору та теплові режими СЖК ЕРРУ. Тепловий режим СЖК ЕРД, розташованого поза герметичним блоком. Тепловий режим СЖК ЕРД, розташованого в герметичному блоці.

Тема 16. Експериментальні пристрої для випробування ЕРРУ. Стендове обладнання. Точність вимірів. Специфіка експериментальних досліджень.

### 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    |
| <b>Модуль 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |              |   |     |      |      |
| <b>Змістовий модуль 1</b> Вимоги до основних частин електрорушійних та енергетичних установок космічних апаратів. Теоретичні дослідження.                                                                                                                                                                                                                                              |                 |              |   |     |      |      |
| <b>ТЕМА 1.</b> Вступ до навчальної дисципліни. Предмет вивчення і задачі дисципліни.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 6               | 1            | - | -   | -    | 5    |
| <b>ТЕМА 2.</b> Задачі, які виконують космічні апарати (КА). Поняття електроракетної рушійної установки (ЕРРУ). Склад ЕРРУ. Принципові схеми ЕРРУ, загальні відомості і характеристики. Призна-чення і склад окремих систем ЕРРУ. Особливості експлуатації ЕРРУ. Вплив факторів космічного простору на ЕРРУ.                                                                            | 14              | 4            | - | -   | -    | 10   |
| <b>ТЕМА 3.</b> Ознайомлення та з вимогами до ЕРРУ. Вимоги до ЕРРУ: властива маса, економічність, надійність і довговічність, радіаційна безпека. Поняття електроракетного двигуна (ЕРД). Історія розвитку ЕРД. Основні області завдань, що вирішуються за допомогою ЕРД. Класифікація ЕРД. Підсистеми ЕРРУ на базі ЕРД. Порівняння характеристик різних ЕРД.                           | 16              | 2            | 4 | -   | -    | 10   |
| <b>ТЕМА 4.</b> Електрореактивний двигун (ЕРД). Класифікація ЕРД. Вимоги до ЕРД. Стадії проектування ЕРД. Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність. Основна термінологія курсу міцності (поняття міцності, напруження, деформація, подовження).                                                                                                                                        | 18              | 4            | 4 | -   | -    | 10   |
| <b>ТЕМА 5.</b> Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність. Навантаження, що діють на елементи конструкції ЕРРУ. Види випробувань ЕРРУ. Стандарти.                                                                                                                                                                                                                                       | 14              | 2            | 4 | -   | -    | 8    |
| <b>ТЕМА 6.</b> Матеріали, які використовуються в ЕРРУ. Вимоги до матеріалів, з'єднань та припаїв ЕРРУ. Поняття запас міцності, діаграма деформування матеріалу, межа пружності, тощо.                                                                                                                                                                                                  | 14              | 4            | - | -   | -    | 10   |
| <b>ТЕМА 7.</b> Запас міцності короткочасних деталей. Запас міцності деталей, які працюють довгостроково. Поняття пластичності, повзучості. Розрахунок деталей ЕРРУ на повзучість.                                                                                                                                                                                                      | 10              | 3            | - |     |      | 7    |
| <b>ТЕМА 8.</b> Основні співвідношення при розрахунку поведінки пружно-пластичного тіла ЕРРУ. Діаграма швидкості повзучості. Діаграма меж тривалої міцності. Запас тривалої міцності. Діаграма меж повзучості. Запас повзучості деталі ЕРРУ. Інтерполяція діаграм тривалої міцності. Розрахунок деформації повзучості деталі ЕРРУ. Одновісний напружений стан. Складно-напружений стан. | 20              | 4            | 6 |     |      | 10   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                  |            |           |           |          |          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|------------|
| <b>Модульний контроль</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                  | 1          | 1         |           |          |          |            |
| <b>Разом за змістовим модулем 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                  | <b>113</b> | <b>25</b> | <b>18</b> | <b>-</b> |          | <b>70</b>  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                  |            |           |           |          |          |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Змістовий модуль 2</b> Особливості експериментальних досліджень електрорушійних та енергетичних установок космічних апаратів. |            |           |           |          |          |            |
| <b>ТЕМА 9.</b> Специфіка механізму прискорення робочої речовини (РР) в ЕРРУ. Теплове прискорення робочої речовини в ЕРРУ. Електромагнітне прискорення робочої речовини в ЕРРУ.                                                                                                                                                           |                                                                                                                                  | 16         | 3         | -         | -        | -        | 13         |
| <b>ТЕМА 10.</b> Особливості експериментальних досліджень тяги, питомого імпульсу, тягового ККД, споживної потужності, енергетичної ціни тяги, оптимального значення питомого імпульсу, питомої маси ЕРРУ, потенціалу плазми, енергетичної ціни іона).                                                                                    |                                                                                                                                  | 19         | 5         | -         | -        | -        | 14         |
| <b>ТЕМА 11.</b> Система зберігання та подачі робочої речовини (СЗПРР). Вимоги до СЗПРР. Основні функції СЗПРР. Зовнішні умови роботи СЗПРР. Принципова схема СЗПРР з газоподібною РР. Основні вимоги до схеми СЗПРР з парогенератором. Основні вимоги до баків СЗПРР. Основні функції редуктора СЗПРР. Основні вимоги до фільтрів СЗПРР. |                                                                                                                                  | 16         | 2         | 4         | -        | -        | 10         |
| <b>ТЕМА 12.</b> Аномальні та аварійні режими в системах живлення ЕРРУ.                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                  | 14         | 2         | 4         | -        | -        | 8          |
| <b>ТЕМА 13.</b> Критерії якості при оптимальному проектуванні ЕРРУ та питання надійності. Проблеми та методи пошуку оптимальних проектних рішень для системи живлення і керування (СЖК) ЕРРУ.                                                                                                                                            |                                                                                                                                  | 10         | 2         | 4         | -        | -        | 4          |
| <b>ТЕМА 14.</b> Вплив космічного середовища на матеріали та елементи СЖК ЕРРУ. Методи та засоби захисту ЕРРУ від впливу космічного середовища. Методи та засоби захисту СЖК ЕРРУ від впливу космічного середовища.                                                                                                                       |                                                                                                                                  | 8          | 2         | -         | -        | -        | 6          |
| <b>ТЕМА 15.</b> Теплообмін в умовах космічного простору та теплові режими СЖК ЕРРУ. Тепловий режим СЖК ЕРД, розташованого поза герметичним блоком. Тепловий режим СЖК ЕРД, розташованого в герметичному блоці.                                                                                                                           |                                                                                                                                  | 9          | 2         | -         |          |          | 7          |
| <b>ТЕМА 16.</b> Експериментальні пристрої для випробування ЕРРУ. Стендове обладнання. Точність вимірів. Специфіка експериментальних досліджень.                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                  | 19         | 7         | 4         |          |          | 8          |
| <b>Модульний контроль</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                  | 1          | 1         |           |          |          |            |
| <b>Разом за змістовим модулем 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                  | <b>112</b> | <b>26</b> | <b>16</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>70</b>  |
| <b>Усього годин</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                  | <b>225</b> | <b>51</b> | <b>34</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>140</b> |

### 5. Теми семінарських занять

| № | Назви занять | Кількість годин |
|---|--------------|-----------------|
| 1 |              |                 |

### 6. Теми практичних занять

| Теми змістових модулів | № | Назви занять | Кількість Годин |
|------------------------|---|--------------|-----------------|
|------------------------|---|--------------|-----------------|

|                |   |                                                                                               |           |
|----------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Тема 3</b>  | 1 | Вимоги до ЕРРУ: властива маса, економічність, надійність і довговічність, радіаційна безпека. | 4         |
| <b>Тема 4</b>  | 2 | Стадії проектування ЕРД. Етапи розрахунку деталей ЕРРУ на міцність.                           | 4         |
| <b>Тема 5</b>  | 3 | Види випробувань ЕРРУ. Стандарти.                                                             | 4         |
| <b>Тема 8</b>  | 4 | Основні співвідношення при розрахунку поведінки пружно-пластичного тіла ЕРРУ.                 | 6         |
| <b>Тема 11</b> | 5 | Вимоги до СЗППР                                                                               | 4         |
| <b>Тема 12</b> | 6 | Аномальні та аварійні режими в системах живлення ЕРРУ.                                        | 4         |
| <b>Тема 13</b> | 7 | Критерії якості при оптимальному проектуванні ЕРРУ та питання надійності.                     | 4         |
| <b>Тема 16</b> | 8 | Похибки заходів вимірювання                                                                   | 4         |
| <b>Разом</b>   |   |                                                                                               | <b>34</b> |

### 7. Теми лабораторних занять

| № | Назви занять | Кількість годин |
|---|--------------|-----------------|
| 1 |              |                 |

### 8. Самостійна робота

| Теми змістових модулів | Назва теми                                                                                                                                                                                                                                                                                | Кількість годин |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Тема 1</b>          | Задачі дисципліни                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5               |
| <b>Тема 2</b>          | Особливості експлуатації ЕРРУ. Вплив факторів космічного простору на ЕРРУ.                                                                                                                                                                                                                | 10              |
| <b>Тема 3</b>          | Порівняння характеристик різних ЕРД.                                                                                                                                                                                                                                                      | 10              |
| <b>Тема 4</b>          | Основна термінологія курсу міцності (поняття міцності, напруження, деформація, подовження).                                                                                                                                                                                               | 10              |
| <b>Тема 5</b>          | Стандарти.                                                                                                                                                                                                                                                                                | 8               |
| <b>Тема 6</b>          | Поняття запас міцності, діаграма деформування матеріалу, межа пружності, тощо.                                                                                                                                                                                                            | 10              |
| <b>Тема 7</b>          | Розрахунок деталей ЕРРУ на повзучість.                                                                                                                                                                                                                                                    | 7               |
| <b>Тема 8</b>          | Діаграма швидкості повзучості. Діаграма меж тривалої міцності. Запас тривалої міцності. Діаграма меж повзучості. Запас повзучості деталі ЕРРУ. Інтерполяція діаграм тривалої міцності. Розрахунок деформації повзучості деталі ЕРРУ. Одновісний напружений стан. Складно-напружений стан. | 13              |
| <b>Тема 9</b>          | Теплове прискорення робочої речовини в ЕРРУ. Електромагнітне прискорення робочої речовини в ЕРРУ.                                                                                                                                                                                         | 14              |
| <b>Тема 10</b>         | Особливості експериментальних досліджень тяги, питомого імпульсу, тягового ККД, споживної потужності, енергетичної ціни тяги, оптимального значення питомого імпульсу, питомої маси ЕРРУ, потенціалу плазми, енергетичної ціни іона).                                                     | 10              |
| <b>Тема 11</b>         | Основні вимоги до схеми СЗППР з парогенератором. Основні вимоги до баків СЗППР. Основні функції редуктора СЗППР. Основні вимоги до фільтрів СЗППР.                                                                                                                                        | 10              |
| <b>Тема 12.</b>        | Аномальні та аварійні режими в системах живлення ЕРРУ.                                                                                                                                                                                                                                    | 8               |
| <b>Тема 13.</b>        | Проблеми та методи пошуку оптимальних проектних рішень для системи живлення і керування (СЖК) ЕРРУ.                                                                                                                                                                                       | 4               |
| <b>Тема 14.</b>        | Теплообмін в умовах космічного простору та теплові режими                                                                                                                                                                                                                                 | 6               |

|                |                                                                      |            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------|------------|
|                | СЖК ЕРРУ.                                                            |            |
| <b>Тема 15</b> | Теплообмін в умовах космічного простору та теплові режими СЖК ЕРРУ.  | 7          |
| <b>Тема 16</b> | Експериментальні пристрої для випробування ЕРРУ. Стендове обладнання | 8          |
|                | <b>Разом</b>                                                         | <b>140</b> |

### 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 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 |
|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>Модуль 1</b>                     |                                 |                            |                         |
| <b>Змістовний модуль 1</b>          |                                 |                            |                         |
| 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                  |
| <b>Модуль 2</b>                     |                                 |                            |                         |
| <b>Змістовний модуль 2</b>          |                                 |                            |                         |
| 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                  |
| <b>Усього за семестр</b>            |                                 |                            | <b>0...100</b>          |

#### 12.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

**знати:**

- необхідний обсяг знань для ознайомлення з вимогами до ЕРРУ різних країн;
- способи дослідження характеристик ЕРРУ.

- устрій основних вузлів, агрегатів і систем ЕРД і ЕУ;
- методи розрахунку і конструювання основних агрегатів, вузлів і систем електрорушійних установок;
- методи захисту агрегатів, вузлів і систем від зовнішніх і внутрішніх впливів;
- методи контролю механічних з'єднань;
- методи розрахунків на міцність і жорсткість різноманітних деталей і вузлів ЕРД і ЕУ;
- методи конструювання і розрахунків ЕРД і ЕУ з урахуванням технологічних і експлуатаційних вимог;

**вміти:**

- експериментально застосовувати методи та особливостей теоретичних розрахунків при урахуванні специфіки експериментальних випробувань космічних енергорушійних установок.

### 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 елементів та вузлів енергетичних та рушійних установок космічного призначення з урахуванням специфіки зовнішніх та внутрішніх факторів.

**Добре (75-89).** Усі вимоги, які необхідні для оцінки задовільно. Знати способи дослідження характеристик ЕРПУ. Устрій основних вузлів, агрегатів і систем ЕРД і ЕУ; методи розрахунку і конструювання основних агрегатів, вузлів і систем електрорушійних установок; методи захисту агрегатів, вузлів і систем від зовнішніх і внутрішніх впливів. Вміти аналізувати результати експериментальних досліджень ЕРПУ КА.

**Відмінно (90-100).** Усі вимоги, які необхідні для оцінки добре. Знати вивчення сучасних способів проектування елементів та вузлів енергетичних та рушійних установок космічного призначення з урахуванням специфіки зовнішніх та внутрішніх факторів, часу експлуатації, обмежень ваги та інше при теоретичному та експериментальному дослідженні космічних енергорушійних установок. Вміти застосовувати теоретичні розрахунки при експериментальних випробуваннях ЕРПУ КА.

#### 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

Конструкція стаціонарних плазмових двигунів [Електронний ресурс] : навч. посіб. до курс. і дипл. проект. / А. В. Лоян, А. М. Хаустова, М. Ю. Тітов . – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 116 с.

[https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&docid=510526882](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510526882)

### 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](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510477969)
2. Ходненко, В.П. Методи підвищення ефективності роботи електрореактивних двигунних установок [Текст] / В. П. Ходненко // Питання електромеханіки, праці ВНПЕМ. - М.: Вид-во: Наук. виробнича корп. "Космічні системи моніторингу, інформаційно-керуючі системи й електромеханічні комплекси" імені А.Г. Іосіф'яна, 2005. - том 102. - С. 157-164.
3. Безручко К.В., Белан М.В. та ін. «Сонячні енергосистеми космічних апаратів. Фізичне і математичне моделювання», Харків, ХАІ, 2000., 515 с.  
[https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&docid=67000261](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=67000261)

#### Допоміжна

1. Белан М.В., Гайдуков В.Ф. «Особливості поведінки матеріалів в умовах низьких температур, невагомості і вакууму», ХАІ, 1984 р.
2. [https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&docid=510423237](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510423237) Гайдуков В.Ф. «Вибір і розрахунок термоелектричних перетворень енергії», ХАІ, 1993, Б-40, К-25.
3. Белан М.В., Гайдуков В.Ф. «Вплив радіаційного опромінення на властивості матеріалів», ХАІ, 1983.  
[https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&docid=510423551](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510423551)
4. Оранський А. І., Жукова-Бойко Т. М. Газорозрядні порожнисті високоємісійні катоди: монографія. Т. 4. / Концепція надійності / під. ред. А. І. Оранського. Харків: «Харків. авіац. ін-т », - 2012. - 163 с.
5. Горшков О. А., Муравльов В. А., Шагайда А. А. Холівські іонні двигуни для космічних апаратів / під ред. акад. РАН А. С. Коротеева. М.: Машинобудування, - 2008. - 279 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/>