

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

Кафедра космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії (№ 402)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОП

К.В. Безручко Безручко К.В.
« 31 » 08 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Акумуляування енергії»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»;
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»;
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Супутники, двигуни та енергетичні установки
Супутники, двигуни та енергетичні установки – 3 роки
(найменування освітньої програми)

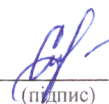
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Робоча програма «Акумуляування енергії» для студентів за спеціальністю «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»; освітньою програмою «Супутники, двигуни та енергетичні установки», Супутники, двигуни та енергетичні установки – 3 роки.

«27» 08 2021 р., 14 с.

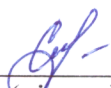
Розробник: к.т.н., доцент каф. 402 Сінченко С.В.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 402

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2021 року

Завідувач кафедри 402, к.т.н.,


(підпис)

(С.В. Сінченко)
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань: <u>13 «Механічна інженерія»;</u> (шифр і найменування) Спеціальність: <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»»;</u> (код та найменування) Освітня програма: <u>«Супутники, двигуни та енергетичні установки», Супутники, двигуни та енергетичні установки – 3 роки;</u> (найменування) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Цикл професійної підготовки
Кількість змістовних модулів – 2		Навчальний рік
Індивідуальне завдання <u>розрахунково-графічна робота</u>		2021 /2022
Загальна кількість годин – 135 денна – аудиторних – 76/135		Семестр
		6
		Лекції¹⁾
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,8 годин самостійної роботи студента – 2,95 годин		38 годин
		Практичні¹⁾
		38 годин
		Самостійні
	71 год.	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит (залік)	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання – 76/71;

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення полягає у засвоєнні знань з накопичування різних видів енергії, засвоєння основ побудови накопичувачів, основ розрахунку накопичувачів.

Завдання. Формування у студентів знань і навичок необхідних для проектування енергетичних установок (як наземних так і космічного призначення), з використанням різних за типом накопичувачів енергій, їх розрахунку, що буде в подальшому використане при виконанні дипломного проектування

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- основи складення характерних описів, розробку схем класифікації, опису і порівняння накопичувачів енергії різних типів;
- типи, характеристик електрохімічних накопичувачів енергії, методики розрахунку основних параметрів і побудову конструкторсько-компоновочних схем;
- основні параметри і побудову схем та конструкцій водневих та електролізних накопичувачів енергії, методики розрахунку характеристик;
- типи, основні параметри і побудову конструкторсько-компоновочних схем теплових акумуляторів, методики розрахунку характеристик;
- типи, основні параметри і побудову схем механічних та електромеханічних накопичувачів енергії, їх конструкцій, методики розрахунку;
- основні характеристики ємнісних та індуктивних накопичувачів енергії, їх схеми та методики розрахунку.

Результати навчання:

Загальні компетентності (ЗК):

K07-Здатність приймати обґрунтовані рішення.

K08- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Фахові компетентності (ФК):

K15- Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Програмні результати навчання:

ПР06. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.

ПР19. Розуміти структуру та принципи дії бортового обладнання ракетно-космічної техніки.

ПР20. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах ракетно-космічної техніки.

ПР22. Мати навички розробки технологічних процесів, в тому числі з

застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування виробництва конструктивних елементів та систем ракетно-космічної техніки.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна базується на знаннях, які отримані при вивченні дисциплін «Фізика», «Електротехніка», «Джерела та перетворювачі енергії» та сама є базою для вивчення дисциплін: «Конструювання плазмових прискорювачів та енергетичних установок», «Функціональні системи плазмових прискорювачів та енергетичних установок».

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1.

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

Тема 2. Загальні відомості, сучасний стан, показники, терміни та поняття хімічних накопичувачів енергії. Принцип дії електрохімічних накопичувачів енергії (НЕ). Електрохімічні системи накопичення енергії.

Тема 3. Фізико-хімічні процеси в електрохімічних акумуляторах. Процеси заряду та розряду, їх види. Експлуатаційні характеристики, використання та комбінування хімічних акумуляторів в ЕУ НДЕ.

Тема 4. Статичні та динамічні режими електрохімічних акумуляторів. Основні розрахунки зарядно-розрядних характеристик електрохімічних акумуляторів для роботи в ЕУ НДЕ. Основні розрахунки режимів циклування електрохімічних акумуляторів для роботи в ЕУ НДЕ.

Тема 5. Загальні відомості та принцип дії водневих та електролізних накопичувачів енергії. Паливні елементи у водневих акумуляторах, електролізери, регенеративні водневі установки, зберігання водню та кисню.

Тема 6. Фізико-хімічні процеси в паливних елементах та електролізерах. Експлуатаційні характеристики електрохімічних генераторів, електролізерів та накопичувачів у складі енергетичної установки НДЕ. Основні розрахунки водневих накопичувачів енергії для роботи в ЕУ.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2.

Тема 7. Загальні відомості та принцип дії теплових накопичувачів енергії.

Тема 8. Фізико-хімічні процеси у теплових акумуляторах. Акумулятори змінної температури та акумулятори на фазових переходах. Теплоакумуючі матеріали їх характеристики та вибір. Експлуатаційні характеристики теплових акумуляторів у складі ЕУ НДЕ. Основні розрахунки теплових акумуляторів для роботи в ЕУ НДЕ.

Тема 9. Загальні відомості та принцип дії механічних накопичувачів енергії. Класифікація та приклади виконання акумуляторів.

Тема 10. Устрій та оціночний розрахунок основних параметрів акумуляторів зі статичною активною зоною: пружини, газоакумуючі, гідроакумуючі електричні станції, тощо, та приклади їх використання у ЕУ НДЕ. Устрій та оціночні розрахунки основних параметрів динамічних механічних

накопичувачів енергії, типи маховиків, їх характеристики, приклади використання у ЕУ НДЕ.

Тема 11. Загальні відомості та принцип дії електромеханічних накопичувачів енергії. Устрій та теоретичні основи розрахунку електромеханічних накопичувачів енергії, методи, структурні схеми та типи заряду-розряду накопичувачів, приклади використання в ЕУ НДЕ. Устрій та основи розрахунку електродинамічних накопичувачів енергії, приклади використання в ЕУ НДЕ.

Тема 12. Загальні відомості про ємнісні накопичувачі енергії. Типи конденсаторів для ємнісних накопичувачів енергії їх устрій, зарядно-розрядні пристрої Використання ємнісних акумуляторів в ЕУ НДЕ. Основні розрахунки ємнісних НЕ.

Тема 13. Загальні відомості про індуктивні накопичувачі енергії. Типи індуктивних накопичувачів енергії їх устрій, комутатори ланцюгів з індуктивними НЕ. Використання індуктивних НЕ в ЕУ НДЕ. Основні розрахунки індуктивних НЕ.

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.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Накопичувачі енергії засновані на хімічних процесах					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни. Предмет вивчення і задачі дисципліни	4	2	-	-	2
Тема 2. Загальні відомості, показники, терміни та поняття хімічних накопичувачів енергії. Електрохімічні системи накопичення енергії.	7	2	2	-	3
Тема 3. Фізико-хімічні процеси в електрохімічних акумуляторах. Експлуатаційні характеристики, використання та комбінування хімічних акумуляторів в ЕУ НДЕ.	16	4	6	-	6
Тема 4. Статичні та динамічні режими електрохімічних акумуляторів. Основні розрахунки зарядно-розрядних	9	2	2	-	5

характеристик електрохімічних акумуляторів для роботи в ЕУ НДЕ. Основні розрахунки режимів циклування електрохімічних акумуляторів для роботи в ЕУ НДЕ.					
Тема 5. Загальні відомості та принцип дії водневих та електролізних накопичувачів енергії. Паливні елементи у водневих акумуляторах, електролізери, регенеративні водневі установки, зберігання водню та кисню.	13	4	4	-	5
Тема 6. Фізико-хімічні процеси в паливних елементах та електролізерах. Експлуатаційні характеристики електрохімічних генераторів, електролізерів та накопичувачів у складі енергетичної установки НДЕ. Основні розрахунки водневих накопичувачів енергії для роботи в ЕУ.	9	2	2	-	5
Індивідуальне завдання «Визначення залишкової ємності акумулятора та побудова розрядної характеристики нікель-кадмієвого акумулятора за спрощеною математичною моделлю»	7	-	2	-	5
Разом за змістовим модулем 1	67	16	16	-	35
Змістовий модуль 2. Накопичувачі енергії засновані на інших процесах					
Тема 7. Загальні відомості та принцип дії теплових накопичувачів енергії.	10	2	2	-	6
Тема 8. Фізико-хімічні процеси у теплових акумуляторах. Акумулятори змінної температури та акумулятори на фазових переходах. Теплоакumuлюючі матеріали їх характеристики та вибір. Експлуатаційні	11	3	3	-	5

характеристики теплових акумуляторів у складі ЕУ НДЕ. Основні розрахунки теплових акумуляторів для роботи в ЕУ НДЕ.					
Тема 9. Загальні відомості та принцип дії механічних накопичувачів енергії. Класифікація та приклади виконання акумуляторів.	10	2	2	-	6
Тема 10. Устрій та оціночний розрахунок основних параметрів акумуляторів зі статичною активною зоною: пружини, газоакумуючі, гідроакумуючі електричні станції, тощо, та приклади їх використання у ЕУ НДЕ. Устрій та оціночні розрахунки основних параметрів динамічних механічних накопичувачів енергії, типи маховиків, їх характеристики, приклади використання у ЕУ НДЕ.	9	2	2	-	5
Тема 11. Загальні відомості та принцип дії електромеханічних накопичувачів енергії. Устрій та теоретичні основи розрахунку електромеханічних накопичувачів енергії, методи, структурні схеми та типи заряду-розряду накопичувачів, приклади використання в ЕУ НДЕ. Устрій та основи розрахунку електродинамічних накопичувачів енергії, приклади використання в ЕУ НДЕ.	9	2	2	-	5
Тема 12. Загальні відомості про ємнісні накопичувачі енергії. Типи конденсаторів для ємнісних накопичувачів енергії їх устрій, зарядно-розрядні пристрої	9	2	2	-	5

Використання ємнісних акумуляторів в ЕУ НДЕ. Основні розрахунки ємнісних НЕ.					
13. Загальні відомості про індуктивні накопичувачі енергії. Типи індуктивних накопичувачів енергії їх устрій, комутатори ланцюгів з індуктивними НЕ. Використання індуктивних НЕ в ЕУ НДЕ. Основні розрахунки індуктивних НЕ.	9	3	3	-	3
Разом за змістовим модулем 2	68	16	16	-	36
Усього годин	135	32	32	-	71

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1			
2			
	Разом		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
1	Принцип роботи та характеристики свинцево-кислотних акумуляторів.	6
2	Експлуатація свинцево-кислотних акумуляторів.	4
3	Принцип роботи нікель-кадмієвого акумулятора. Конструкція нікель-кадмієвого герметичного акумулятора.	6
4	Експлуатаційні характеристики нікель-кадмієвого герметичного акумулятора.	6
5	Принцип роботи та процеси в паливних елементах.	6
6	Типи конденсаторів для ємнісних накопичувачів енергії їх устрій.	4
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1			
2			
	Разом		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
1	Загальні відомості, показники, терміни та поняття хімічних накопичувачів енергії.	2
2	Електрохімічні системи накопичення енергії.	3
3	Експлуатаційні характеристики, використання та комбінування хімічних акумуляторів в ЕУ НДЕ.	6
4	Основні розрахунки режимів циклування електрохімічних акумуляторів для роботи в ЕУ НДЕ.	6
5	Паливні елементи у водневих акумуляторах, електролізери, регенеративні водневі установки, зберігання водню та кисню.	6
6	Експлуатаційні характеристики електрохімічних генераторів, електролізерів та накопичувачів у складі енергетичної установки НДЕ.	6
7	Загальні відомості та принцип дії теплових накопичувачів енергії.	6
8	Теплоакуючі матеріали їх характеристики та вибір. Експлуатаційні характеристики теплових акумуляторів у складі ЕУ НДЕ.	6
9	Загальні відомості та принцип дії механічних накопичувачів енергії.	6
10	Устрій та оціночні розрахунки основних параметрів динамічних механічних накопичувачів енергії, типи маховиків, їх характеристики, приклади використання у ЕУ НДЕ.	6
11	Устрій та основи розрахунку електродинамічних накопичувачів енергії, приклади використання в ЕУ НДЕ.	6
12	Використання ємнісних акумуляторів в ЕУ	6

	НДЕ. Основні розрахунки ємнісних НЕ.	
13	Використання індуктивних НЕ в ЕУ НДЕ. Основні розрахунки індуктивних НЕ.	6
	Разом	71

9. Індивідуальні завдання

Тема розрахунково-графічної роботи «Визначення залишкової ємності акумулятора та побудова розрядної характеристики нікель-кадмієвого акумулятора за спрощеною математичною моделлю».

Зразковий графік роботи над РГР (по годинам самостійної роботи)

Тижні	Склад робіт	%% від загального обсягу	%% усього
1-3	Пояснювальна записка з оглядом і аналізом фірм виготовляючих та фірм-продавців акумуляторних батарей.	20	20
4-7	Лист із циклограмою навантаження і графіками (8 год.)	20	40
7-10	Лист з розрахунками ємності, розрядного і зарядного струму напруги, розрахунків опору.	20	60
11-13	Розділ пояснювальної записки з описом побудови математичної моделі акумулятору.	20	80
13-15	Підготовка пояснювальної записки; захист (12 год.)	20	100

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних робіт, консультацій з розрахунково-графічної роботи, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів поточного контролю, модульного контролю (іспиту та заліку).

Загальна кількість балів, що може набрати студент під час поточних та модульних контролів, а також під час семестрового контролю дорівнює 100.

За умови виконання студентом всіх видів обов'язкових робіт (практичних, індивідуальних завдань, тощо) сумарна модульна оцінка переводиться у семестрову оцінку.

12. 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
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	1...3	8	8...24
Модульний контроль	10...20	1	10...20
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	1...3	8	8...24
Модульний контроль	10...20	1	10...20
Виконання і захист РГР (РР для іноземних студентів)	24...40	1	24...40
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань та практичного завдання питань. Максимальна кількість балів за відповідь на кожне теоретичне питання – 30 балів, за виконання практичного завдання – 40 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки: повинні знати методику визначення необхідної ємності накопичувача з порівняння циклограм енергонадходження та енергоспоживання. Особливості енергонадходження на типових орбітах. Загальні відомості, сучасний стан, показники, терміни та поняття хімічних накопичувачів енергії. Принцип дії електрохімічних накопичувачів енергії (НЕ). Електрохімічні системи накопичення енергії. Фізико-хімічні процеси в електрохімічних акумуляторах. Процеси заряду та розряду, їх види. Експлуатаційні характеристики, використання та комбінування хімічних акумуляторів в ЕУ. Загальні відомості та принцип дії водневих та електролізних накопичувачів енергії. Загальні відомості та принцип дії теплових накопичувачів енергії. Загальні відомості та принцип дії механічних накопичувачів енергії. Загальні відомості про ємнісні накопичувачі енергії. Загальні відомості про індуктивні накопичувачі енергії.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи та РГР. Виказати розуміння базових положень методики виконання розрахунків.

Добре (75 - 89). Засвоїти мінімум знань та умінь, виконати усі завдання, захищати всі практичні роботи та РГР в обумовлений викладачем строк з

обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати розуміння більшості всіх положень методики виконання розрахунків.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Виконати усі завдання, захищати всі практичні роботи та РГР в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням прийнятих рішень. Виказати якісне розуміння всіх положень методики виконання розрахунків.

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:

1. Акумуляування енергії [Електронний ресурс] : навч. посіб. / С. В. Сінченко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2019. – 111 с.
2. Белан Н. В., Безручко К. В., Елисеєв В. Б. и др. Бортовые энергосистемы космических аппаратов на основе солнечных и химических батарей. Часть 2 Харьковский авиационный институт, 1992.
3. Безручко К. В., Ковалевский В. В. Расчет ХИТ на основе математических моделей ХАИ, Харьков 1995
4. Выбор параметров и расчет электрохимического генератора. Учеб. Пособ./В. В. Ковалевский\ Харьков, ХАИ, 1983, 112 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Теоретичні основи електрохімічної енергетики [Текст]: підручник / М.Д. Кошель. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2002. – 430 с.
2. Солнечные энергосистемы космических аппаратов. Физическое и математическое моделирование / К. В. Безручко, Н. В. Белан, Д. Г. Белов и др. / под ред. С. Н. Конюхова Харьков ХАИ 2000, 515 с.
3. Накопители энергии: Учеб. пособие для вузов/ Д. А. Бут, Б. Л. Алиевский, С. Р. Мизюрин, П. В. Васюкевич; под ред Д. А. Бута. – М.: Энергоатомиздат. 1991.- 400 с.
4. Романов В. В., Хашев Ю. М. Химические источники тока. М.: Сов. радио. 1978. - 264 с.

5. Теньковцев В. В., Центер Б. И. Основы теории и эксплуатации герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов. Л.: Энергоатомиздат, 1985, - 96 с.
6. Металл-водородные электрохимические системы. Теория и практика./ Центер Б. И., Лызлов Н. Ю. Л.: Химия, 1982, 282 с.
7. Коровин Н. В. Электрохимическая энергетика. М.: Энергоатомиздат, 1991, 264 с.
8. Энергетические установки космических аппаратов/ С. А. Подшивалов, Э. И. Иванов, Л. И. Муратов и др. Под общ. ред. Д. Д. Невяровского и В. С. Викторова М.: Энергоиздат 1981, 223 с.
9. Инерционные механические энергоаккумулирующие системы / Будник В. С., Свириденко Н. Ф., Кузнецов В. И., Артеменко Н. П., Белан Н. В., Дорофеев В. Г. -Киев: Наук. думка, 1986, 176 с.
10. Грилихес В. А., Матвеев В. М., Полуэктов В. П. Солнечные высокотемпературные источники тепла для космических аппаратов. М.: Машиностроение 1975, 248 с.

Допоміжна

1. ГОСТ 15596-78 Источники тока химические. Термины и определения. Введен с 01.07.1979.
2. Коровин Н. В. Химические источники тока и их применение / Электрохимический справочник. Т. 2, М.: Энергоатомиздат, 1986
3. Кромптон Т. Первичные источники тока: Пер. сангл. - М.: Мир, 1986. - 328 с.
4. Кромптон Т. Вторичные источники тока: Пер. сангл. - М.: Мир, 1986. 304 с.
5. Грилихес В. А., Орлов П. П., Попов Л. Б. Солнечная энергия и космические полеты. М.: Наука 1984, 216 .
6. Ванке В. А. и др. Космические энергосистемы. М.: Машиностроение. 1990. - 144 с.
7. Тимашов С. В. и др. Оптимизация энергетических систем орбитальных пилотируемых станций. Математическое моделирование и выбор рациональных структур. М.: Машиностроение. 1986. - 232 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Каталог продукции. Никель-кадмиевые аккумуляторы [Электрон. ресурс] / ОАО «НИАИ «Источник». – Режим доступа: <http://www.niai.ru/catalog.php?id=10> – 20.12.2018.
2. Сайт ДП «КБ Південне» [Электрон. ресурс] / – Режим доступа: <https://www.yuzhnoye.com/ua/home/> – 20.12.2018.
3. Альтернативні джерела енергії [Электрон. ресурс] / – Режим доступа: <https://hromadske.ua/tags/alternatyvni-dzherela-enerhii> – 20.12.2018.