

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету енергетики,  
електроніки та інформаційних  
технологій

\_\_\_\_\_ В.Л. Коваленко

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019

**ОСНОВИ ІНЖЕНЕРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

(назва навчальної дисципліни)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

підготовки

магістр

(назва освітнього ступеня)

спеціальності

145 «Гідроенергетика»

(шифр, назва спеціальності)

освітньо-професійна програма «Гідроенергетика»

**Укладач /Укладачі: Чейлитко А.О. докт.техн.наук, доцент**

Обговорено та ухвалено  
на засіданні кафедри теплоенергетики та  
гідроенергетики

Протокол № 3 від “10” вересня 2019 р.  
Завідувач кафедри теплоенергетики та  
гідроенергетики

\_\_\_\_\_

(підпис)

В.І. Бахтін

(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою  
Факультету енергетики, електроніки та  
інформаційних технологій

Протокол № 2 від “11” вересня 2019 р.  
Голова науково-методичної ради  
факультету енергетики, електроніки та  
інформаційних технологій

\_\_\_\_\_

(підпис)

А. І. Безверхий

(ініціали, прізвище)

2019 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрямок підготовки, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <b>14 Електрична інженерія</b> (шифр і назва)	<b>Вибіркова</b>	
Розділів – 4	Спеціальність <b>145 Гідроенергетика</b> (шифр і назва)	<b>Рік підготовки:</b>	
Загальна кількість годин – 150		2-й	2-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 8	Освітньо-професійна програма <b>Гідроенергетика</b>	<b>Лекції</b>	
		32	10 год.
		<b>Практичні</b>	
	16	4 год.	
	<b>Лабораторні</b>		
	-	-	
	Рівень вищої освіти: <b>магістерський</b>	<b>Самостійна робота</b>	
		102 год.	136 год.
		<b>Вид підсумкового контролю: екзамен</b>	

Програма вивчення навчальної дисципліни «Основи інженерного експерименту» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів напряму 145 «Гідроенергетика».

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Основи інженерного експерименту» є ознайомлення студентів з основними засадами побудови та проведення наукових експериментів, а також формування професійних умінь та навиків в енергетичній галузі

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є основні методи випробування гідротехнічних установок, що застосовуються для вимірювання енергетичних параметрів; планування і проведення експериментів, обробка результатів вимірювань, оцінювання похибки спостереження, формулювання висновків дослідження.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Основи інженерного експерименту» є придбання знань і навичок з побудови та проведення наукових досліджень. Навчити студента:

- методам математичного планування експерименту;
- статистичним методам при обробці даних;
- складати регресійні рівняння енергетичних процесів.
- застосування аналізу в науковому експерименті.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

наукове обладнання та методи проведення експерименту з енергетики,; основні вимоги до складання та оформлення звіту про закінчену науково-дослідницьку роботу.

**вміти:**

використовуючи знання з фундаментальних і інженерних дисциплін, математичного планування експерименту, статистичних методів при обробці даних, електронних обчислювальних машин, складання математичних моделей різних процесів, застосовувати їх для наукового дослідження функціонування енергетичних систем і окремих їх елементів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

1. Здатність застосовувати системний підхід, знання сучасних технологій та методів при проектуванні та експлуатації енергетичного обладнання.

2. Здатність застосувати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в енергетичній галузі.

3. Здатність розробляти, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи проектування, виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію енергетичного обладнання.

**Міждисциплінарні зв'язки:** навчальна дисципліна «Основи інженерного експерименту» є складовою циклу підготовки магістрів зі спеціальності 145 «Гідроенергетика» та при її вивченні використовуються знання та вміння наступних дисциплін: фізика, математика, гідрологія, метрологія та стандартизація, гідрогазодинаміка.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета — формування знань та умінь, необхідних гідроенергетикам при проведенні наукових досліджень та вибору методик випробування гідротехнічних установок, що дозволить в майбутньому самостійно ставити і творчо вирішувати наукові та технічні питання в енергетичному виробництві.

1.2. Завдання — освоєння методів планування і організації наукових досліджень, вибору і аналізу необхідної інформації по темі наукового дослідження, планування і проведення експерименту, обробки результатів вимірювань, оцінювання похибок дослідження, формулювання висновків досліджень.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

**знати:** формування і застосування математичних принципів і методів, необхідних в гідроенергетичній галузі; знання характеристик і властивостей матеріалів, обладнання, процесів.

**вміти:** розробляти, застосовувати та удосконалювати математичні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в гідроенергетичній галузі; аналізувати і розробити заходи з підвищення ефективності систем і компонентів на основі

використання аналітичних методів і методів моделювання; здатність застосувати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в енергетичній галузі;

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 150 годин, 5 кредитів ЄКТС.

### **3. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни**

#### ***Розділ 1. Математичне моделювання***

##### *Тема 1. Математичні моделі. Види математичних моделей*

Джерела інформації для побудови математичних моделей; Основні етапи побудови математичних моделей; Характеристика методів експериментальних досліджень.

##### *Тема 2. Оптимізація математичних моделей в гідроенергетиці*

#### ***Розділ 2. Основи інженерного експерименту***

##### *Тема 3. Статистично-ймовірнісна обробка інформаційних сукупностей*

Поняття вибіркового методу в статистиці; Шкали вимірювань; Статистичні ряди та їх графічна інтерпретація; Числові характеристики статистичних рядів; Довірчі інтервали і довірна ймовірність.

##### *Тема 4. Основні етапи планування та проведення експерименту*

Теорія експерименту; Планування експерименту; Основні етапи планування та проведення експерименту; Схема «чорного ящика» об'єкту досліджень.

### ***Розділ 3. Повний факторний експеримент***

#### ***Тема 5. Повний факторний експеримент***

Прийняття рішень перед плануванням експерименту; Складання плану експерименту; Методика повного факторного експерименту; Методика складання ПФЕ; Властивості факторів та плану.

#### ***Тема 6. Планування експерименту другого порядку. Центральне композиційне планування***

Порядок побудови матриці планів експерименту методом центрального композиційного планування; Види матриць плану для ЦКП; Статистичний аналіз результатів експерименту ЦКП;

### ***Розділ 4. Знаходження регресійного рівняння інженерного експерименту***

#### ***Тема 7. Статистична обробка результатів інженерного експерименту***

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії; Значимість коефіцієнтів рівняння; Перевірка адекватності; Розгляд критерія Фішера;

#### ***Тема 8. Аналіз результатів інженерного експерименту***

Апостеріорний аналіз одержаного рівняння; Визначення напряду функціонального впливу; Визначення напряду оптимізації цільової функції; Аналіз часових рядів із сезонною варіацією; Професійне маніпулювання результатами дослідження.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви тематичних розділів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	п/р (обрати вид занять відповідно до навчального плану)	сам. роб.		л	п/р (обрати вид занять відповідно до навчального плану)	сам. роб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Розділ 1. Математичне моделювання</b>								
Тема 1. Математичні моделі.		4	6	10				
Тема 2. Оптимізація мат. моделей в ГЕ.		2		10				
Разом за розділом 1		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>20</b>				
<b>Розділ 2. Основи інженерного експерименту</b>								
Тема 3. Статистично-ймовірнісна обробка інформаційних сукупностей.		4		12				
Тема 4. Основні етапи планування та проведення експерименту.		4		14				
Разом за розділом 2		<b>8</b>		<b>26</b>				
<b>Розділ 3. Повний факторний експеримент</b>								
Тема 5. Повний факторний експеримент.		4	4	16				
Тема 6. Планування експерименту другого порядку.		4	4	12				
Разом за розділом 3		<b>8</b>	<b>8</b>	<b>28</b>				
<b>Розділ 4. Знаходження регресійного рівняння інженерного експерименту</b>								
Тема 7. Статистична обробка результатів інженерного експерименту.		4	2	14				

Тема 8. Аналіз результатів інженерного експерименту.		6		14				
Разом за розділом 4		<b>10</b>		<b>28</b>				
<b>Усього годин</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>102</b>				

### 5. Теми лекційних занять

№ теми з/прогр. вказується номер теми відповідно до п.3 Програма навчальної дисципліни	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
1	Математичні моделі. Види математичних моделей.	2	
1	Основні етапи побудови математичних моделей.	2	
2	Оптимізація математичних моделей в гідроенергетиці.	2	
3	Статистично-ймовірнісна обробка інформаційних сукупностей.	2	2
3	Статистичні ряди та їх графічна інтерпретація.	2	
4	Основні етапи планування та проведення експерименту.	2	2
4	Схема «чорного ящика» об'єкту досліджень.	2	
5	Повнофакторний експеримент.	2	2
5	Методика повнофакторного експерименту.	2	
6	Планування експерименту другого порядку. Центральне композиційне планування.	2	2
6	Види матриць плану для ЦКП.	2	
7	Статистична обробка результатів інженерного експерименту.	2	
7	Перевірка адекватності.	2	
8	Аналіз результатів інженерного експерименту.	2	2
8	Визначення напряму функціонального впливу.	2	
8	Професійне маніпулювання результатами дослідження.	2	
<b>Разом</b>		<b>32</b>	<b>10</b>



## 6. Теми практичних (семінарських/лабораторних) занять

(слід обрати вид занять відповідно до навчального плану, має збігатися з п.1 Опис навчальної дисципліни та п.4. Структура навчальної дисципліни)

№ теми з/прогр. вказується номер теми відповідно до п.3 Програма навчальної дисципліни	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
1	Розробка математичної моделі гідроагрегату	6	
2	Моделювання повнофакторного експерименту	4	
3	Знаходження регресійного рівняння у сучасному програмному забезпеченні	4	2
4	Статистична обробка результатів інженерного експерименту	2	2
<b>Разом</b>		<b>16</b>	<b>4</b>

## 7. Самостійна робота

№ теми з/прогр. вказується номер теми відповідно до п.3 Програма навчальної дисципліни	Назва теми	Кількість годин	
		д.ф.	з.ф.
1	Математичні моделі. Види математичних моделей.	10	15
2	Оптимізація математичних моделей в гідроенергетиці.	10	16
3	Статистично-ймовірнісна обробка інформаційних сукупностей.	12	20
4	Основні етапи планування та проведення експерименту.	14	15
5	Повний факторний експеримент.	16	20
6	Планування експерименту другого порядку. Центральне композиційне планування.	12	20
7	Статистична обробка результатів інженерного експерименту.	14	20
8	Аналіз результатів інженерного експерименту.	14	20
<b>Разом</b>		<b>102</b>	<b>136</b>

## Індивідуальне завдання

**Мета індивідуального завдання:** детальніша і ґрунтовніша проробка лекційного матеріалу; перевірка та контроль ступеня засвоювання теоретичного матеріалу; формування у студентів передбачених робочою програмою вмінь.

**Тема:** індивідуальна, згідно з темою магістерської роботи

Індивідуальне завдання передбачає з'ясування методів дослідження магістерської роботи та планування проведення наукового експерименту.

### 8. Види контролю і система накопичення балів

<i>Вид контролю</i>	<i>Бали</i>
Аудиторна контрольна робота за темою 1	5
Аудиторна контрольна робота за темою 2	5
Захист практичної роботи №1	5
Захист практичної роботи №2	5
Виконання 1 частини індивідуального завдання	10
<b>Поточний контроль №1</b>	<b>30</b>
Аудиторна контрольна робота за темою 3	5
Аудиторна контрольна робота за темою 4	5
Захист практичної роботи №3	5
Захист практичної роботи №4	5
Виконання 2 частини індивідуального завдання	10
<b>Поточний контроль №2</b>	<b>30</b>
<b>Підсумковий контроль</b>	<b>40</b>

**Аудиторні контрольні роботи** представляють собою опитування, яке проводиться у письмовій формі і представляє собою відповіді на питання, що засвідчують теоретичний рівень засвоєння матеріалу студентами. Опитування містить 5 запитань, кожне з яких оцінюється в 1 бал.

**Захист лабораторних робіт** представляє собою відповіді на контрольні запитання, що наводяться в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт. Звіт з лабораторної роботи оформлюється згідно до вимог. Оцінка за лабораторну роботу складається з таких складових: вірно виконана робота з обґрунтованим висновком – 1 бал; складання звіту – 1 бал; вірні відповіді на 3 контрольних запитання викладача – 3 бали. Максимальний бал за захищену лабораторну роботу – 5 балів.

**Виконання індивідуального завдання** підтверджує практичні навички та уміння. Розподіл балів за виконання індивідуального завдання наведено в таблиці.

<i>Вид розрахунку</i>	<i>Бали</i>
Визначення методів та приборів дослідження магістерської роботи	10
<b>Виконання 1 розділу індивідуального завдання</b>	<b>10</b>
Планування проведення наукового експерименту	10
<b>Виконання 2 розділу індивідуального завдання</b>	<b>10</b>
<b>Загальна кількість балів за індивідуальне завдання</b>	<b>20</b>

**Підсумковий контроль** представляє собою тестові завдання з 20 питань. Максимальна кількість балів за тест – 40.

Відповіді на перші 10 питань оцінюються загальною кількістю 10 балів (1 вірна відповідь 1 бал) інші 10 - оцінюються загальною кількістю 30 балів (1 вірна відповідь 3 бали).

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою <b>ECTS</b>	За шкалою університету	За національною шкалою	
		Екзамен	Залік
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)		

## 9. Рекомендована література

### Базова:

1. Чейлитко, А.О. Формування теплофізичних властивостей елементів конструкцій теплового захисту шляхом створення прогнозованих пористих структур [Текст]: монографія / А. О. Чейлитко. — Запоріжжя: ЗДІА, 2017. — 318 с.
2. Павленко, А.М. Теоретичні основи формування теплофізичних властивостей теплоізоляційних матеріалів шляхом управління процесами тепломасообміну в пористих структурах : монографія / А.М. Павленко, А. О. Чейлитко. — Запоріжжя : ЗДІА, 2018. — 296 с.
3. Чейлитко, А.О. Формування пористих структур інтерметалідних каталізаторів : монографія / А.О.Чейлитко, К.В. Белоконь, О.А. Жеребцов, М.А. Носов— Запоріжжя : ЗДІА, 2018. — 208 с.
4. Чейлитко, А. О. Ресурсозберігаючі технології в системах теплового захисту силового обладнання: монографія / А. О. Чейлитко, С.В. Ільїн, Ю.В. Бондаренко, Т.В. Черненко. — Запоріжжя : ЗНУ, 2019. — 208 с.
5. Чейлитко, А. О. Формування пористої структури та властивостей теплоізоляції з вуглецевих композиційних матеріалів для електровакуумного обладнання / А.О. Чейлитко., Г.В. Карпенко, С.В. Ільїн, О.І. Шараєва — Запоріжжя : ЗНУ, 2019. —
6. Губин С.В., Яковлев А.И. Теория планирования экспериментов в энергетике. – Киев: "Миллениум", 2009. – 158с.
7. Лавров В.В., Спиринов Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. – Екатеринбург, ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. - 257 с.
8. Хартман К., Лецкий Э., Шефер В. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. - М.: Мир, 1977. – 541 с.
9. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 279 с.
10. Адлер Ю.Л., Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов. - М.: Металлургия, 1974. - 264с.
11. Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента: для втузов. - М.: Радио и связь, 1983.-248с.
12. Джонсон Н. и др. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента. - М.: Мир, 1981. - 520 с.

### Допоміжна:

1. Хикс Ч. Р. Основные принципы планирования эксперимента. - М.: Мир, 1967.
2. Маркова Е.В., Лисенков А.Н. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей. - М.: Наука, 1973.

3. Маркова Е.В. (разработчик). Руководство по применению латинских планов при планировании эксперимента с качественными факторами. - Челябинск, 1971. (материал изложен в рецептурном плане).

4. Налимов В.В. Теория эксперимента. - М.: Наука, 1971.

#### **Інформаційні ресурси:**

1. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=15030> (дата звернення 15.10.2019) – Назва з екрана.

2. Курс «Основи інженерного експерименту» в системі електронного забезпечення навчання ЗНУ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Moodle. – Режим доступу: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8671> (дата звернення 22.10.2019) – Назва з екрана.

Погоджено  
з навчальним відділом

\_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_