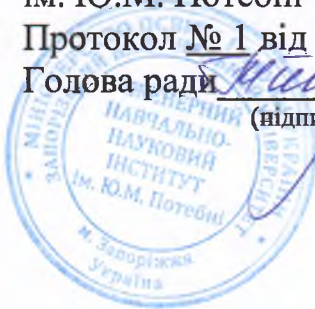


Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет

Затверджено  
Вченою радою Інженерного  
науково-навчального інституту  
ім. Ю.М. Потебні  
Протокол № 1 від 30.08.2024

Голова ради Наталія МЕТЕЛЕНКО  
(підпис) (ПІБ)



Затверджено  
Вченою Радою ЗНУ

Протокол № 1 від 30.08.2024  
В.о. ректора Микола ФРОЛОВ  
(підпис)



## ПРОГРАМА

### АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ

Спеціальність 145 Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика  
Освітня (освітньо-професійна) програма Гідроенергетика

Форма здобуття освіти: денна  
Рівень вищої освіти: магістерський

## I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Атестаційний екзамен є формою атестації та підсумком освітньої діяльності з підготовки здобувачів ступеня вищої освіти магістра відповідно вимог стандарту вищої освіти за спеціальністю 145 Гідроенергетика.

Атестаційний екзамен є підсумком освітньої діяльності з підготовки здобувачів ступеня вищої освіти магістра, має комплексний характер та передбачає виконання атестаційних кваліфікаційних випробувань, які визначають рівень освітньої та професійної підготовки магістрів відповідно до освітньо-професійної програми «Гідроенергетика», здатності їх розв'язувати спеціалізовані завдання та практичні проблеми з питань професійної діяльності у гідроенергетичній галузі.

Мета атестаційного іспиту з фаху – з'ясувати рівень теоретичних знань та практичних навичок, обов'язкових програмних результатів навчання визначених стандартом спеціальності 145 Гідроенергетика, одержаних здобувачами ступеня вищої освіти магістра під час навчання.

### Структура атестаційного екзамену

З метою забезпечення повної та ґрунтовної оцінки якісного рівня науково-теоретичної та практичної підготовки здобувачів вищої освіти зі спеціальності 145 Гідроенергетика за освітньо-професійною програмою «Гідроенергетика» програма атестаційного іспиту охоплює освітні компоненти з циклів професійної підготовки спеціальності та професійної підготовки освітньої програми, які формують необхідний рівень кваліфікації:

- Основи наукових досліджень в теплоенергетиці та гідроенергетиці;
- Економічні та екологічні аспекти енергозбереження;
- Інноваційні технології в гідроенергетиці;
- Діагностика електрообладнання електричних станцій;
- Електродинамічні процеси в гідроенергетиці;
- Математичне моделювання гідроенергетичних об'єктів.

Під час атестаційного екзамену студент має підтвердити програмні результати навчання за освітньо-професійною програмою «Гідроенергетика» магістерського рівня:

РН 1. Розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми гідроенергетики, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної інформації та суперечливих вимог.

РН 2. Проводити дослідницьку та/або інноваційну діяльність в сфері гідроенергетики.

РН 3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання з гідроенергетики у професійній діяльності, у тому числі знання і розуміння

новітніх досягнень, які забезпечують здатність до інноваційної та дослідницької діяльності.

РН 4. Критично осмислювати проблеми гідроенергетики, у тому числі на межі з іншими галузями, зокрема з інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою.

РН 5. Зрозуміло й недвозначно доносити власні висновки з гідроенергетики, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються.

РН 6. Вільно користуватися державною та іноземними мовами усно і письмово для презентації та обговорення результатів досліджень та інновацій, виробничих процесів та інших питань професійної діяльності в галузі електричної інженерії зокрема, гідроенергетики.

РН 7. Приймати обґрунтовані рішення з інженерних питань гідроенергетики у складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням сучасних математичних методів та засобів оптимізації, прогнозування та прийняття рішень.

РН 10. Аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання гідроенергетики.

РН 11. Обирати, аналізувати і розробляти придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи, розуміти основні аспекти впровадження та супроводження проєктів, інноваційної діяльності та захисту інтелектуальної власності.

РН 12. Ставити та вирішувати складні інженерні та наукові задачі гідроенергетики з урахуванням вимог до результатів, технічних стандартів, а також нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, інтелектуальна власність, навколишнє середовище, економіка і виробництво) аспектів.

РН 13. Відшукувати, оцінювати та аналізувати необхідну інформацію в науковій і технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації.

РН 14. Використовувати методи натурального, фізичного і комп'ютерного моделювання з метою детального вивчення і дослідження гідрологічних, гідравлічних, електричних та інших процесів, які стосуються гідроенергетики.

РН 15. Планувати та виконувати експериментальні і теоретичні дослідження, обирати для цього придатні методи та інструменти, здійснювати статистичну обробку даних, оцінювати адекватність результатів досліджень, аргументувати висновки.

РН 16. Обґрунтовувати вибір матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також обмежень щодо них в гідроенергетиці на основі сучасних знань в гідроенергетиці та суміжних галузях, наукової, технічної та довідкової літератури, відповідних баз знань та іншої доступної інформації.

РН 17. Мати навички керування, розроблення, впровадження та супроводження проєктів в гідроенергетиці.

РН 19. Мати навички застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання та проєктування об'єктів і процесів гідроенергетичних систем та відновлюваних джерел енергії.

РН 20. Планувати та проводити натурні експерименти на спеціалізованому лабораторному гідроенергетичному обладнанні, обґрунтовувати науково-практичні результати та презентувати їх фахівцям енергетичної галузі.

### **Етапи та порядок проведення атестаційного екзамену**

Атестаційний екзамен є комплексним і передбачає:

- складання теоретичної частини іспиту: виконання 10-ти тестових завдань у СЕЗН ЗНУ на платформі Moodle, відповіді на теоретичні питання;
- виконання практичної частини іспиту: вирішення задачі.

Перед початком атестаційного екзамену в присутності всіх здобувачів голова ЕК розкриває конверт з екзаменаційними білетами. Кожен екзаменаційний білет містить завдання: спрямування для проходження тестових завдань у СЕЗН ЗНУ, 2 теоретичних питання та задачу для вирішення.

Атестаційний екзамен має три етапи:

1. Виконання тестових завдань у СЕЗН ЗНУ у спеціально обладнаній комп'ютерній аудиторії ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ в присутності одного з членів екзаменаційної комісії.
2. Підготовка відповіді на 2 теоретичних питання та вирішення задачі виконуються в аудиторії, в якій проходить робота екзаменаційної комісії.
3. Відповідь здобувача вищої освіти на питання екзаменаційного білету та питання екзаменаційної комісії. Після підведення підсумку проведеного атестаційного екзамену голова комісії оголошує результати здобувачам ступеня вищої освіти магістра.

У виключних випадках, пов'язаних з особливостями організації освітнього процесу на територіях можливих бойових дій, за рішенням екзаменаційної комісії атестаційний екзамен проводиться у дистанційному режимі з використанням технологій відео-конференції (Zoom, Big Blue Button, Google Meet) та з використанням СЕЗН ЗНУ на базі системи Moodle.

Атестаційний екзамен у дистанційному форматі проводиться за допомогою платформи ZOOM та системи СЕЗН ЗНУ у такій послідовності:

- 1.Здобувач ступеня вищої освіти магістра гідроенергетики ідентифікує себе вийшовши на зв'язок в ZOOM – платформі, отримує екзаменаційний білет. Після ідентифікації, використовуючи свій логін та пароль, входить в систему СЕЗН ЗНУ та обирає у вкладці «Мої курси» свій атестаційний екзамен (уважно, звертаючи увагу на шифр спеціальності та освітню програму). У відкритому вікні атестаційного екзамену здобувач вищої освіти на першому етапі клікає на «Тест атестаційного екзамену» та у регламентному

порядку проходить його. Після проходження тесту необхідно завершити спробу та перейти до головного вікна атестаційного екзамену.

2. На другому етапі проходження атестаційного екзамену здобувач вищої освіти обирає пункт «Відповіді на теоретичні питання». Після чого результат необхідно підкріпити та відправити на перевірку.

3. На третьому етапі проходження атестаційного екзамену здобувач вищої освіти обирає пункт «Задача згідно білету». Розв'язання задачі необхідно підкріпити та відправити на перевірку.

Після завершення ієрархічної етапності атестаційного екзамену студент очікує 3 години та отримує оцінку у журнал системи СЕЗН ЗНУ, а також на Viber (Telegram).

Термін проведення атестаційного екзамену 180 хвилин – 30 хвилин тестування, 90 хвилин – теоретичні запитання, 60 хвилин – розв'язання задачі.

## II. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Підсумкова оцінка атестаційного екзамену формується з оцінок за кожне з питань атестаційного екзамену. Загальна оцінка за підсумкову атестацію здобувачів ступеня вищої освіти магістра визначається як сума балів, отриманих за відповіді на питання екзаменаційного білету, за які студент отримує – 100 балів:

Відповіді студентів оцінюються наступним чином:

- тестові завдання - 30 балів,
- теоретичні питання – 40 балів (2 питання по 20 балів),
- задача з вирішення ситуаційних завдань – 30 балів.

### Критерії оцінювання тестових завдань:

При оцінюванні тестів студент отримує три бали за кожну правильну відповідь.

### Критерії оцінювання теоретичного питання

За кожне теоретичне питання студент отримує максимум 20 балів.

Оцінювання здійснюється за такою системою балів:

20 - 15 балів - студент отримує, виявивши такі знання та вміння: в повній мірі засвоїв увесь програмний матеріал, показує знання не лише основної, але й додаткової літератури, наводить власні міркування, робить узагальнюючі висновки, використовує знання з суміжних галузевих дисциплін, вдало наводить приклади.

14 - 9 балів - студент отримує, виявивши такі знання та вміння: має також високий рівень знань і навичок. При цьому відповідь досить повна, логічна, з елементами самостійності, але містить деякі неточності або

пропуски в неосновних питаннях. Можливе слабке знання додаткової літератури, недостатня чіткість у визначенні понять.

8 - 6 балів - студент отримує, виявивши такі знання та вміння: в загальній формі розбирається у матеріалі, але відповідь неповна, неглибока, містить неточності, робить помилки при формулюванні понять, відчуває труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.

5 - 3 балів - студент отримує, виявивши такі знання та вміння: в загальній формі розбирається у матеріалі, допускає суттєві помилки при висвітленні понять, відповідає не по суті.

2 - 0 балів - якщо студент не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при висвітленні понять, відповідає не по суті.

Критерії оцінювання розв'язання задачі:

Оцінювання задачі, що передбачає вирішення ситуаційних завдань:

30 - 25 балів - студент отримує, виявивши такі знання та вміння: в повній мірі надана правильна відповідь на поставлену задачу, наявні узагальнюючі висновки та проміжні розрахунки, наведено усі одиниці виміру фізичних величин, задача оформлена згідно діючих стандартів.

24 - 15 балів - студент отримує, виявивши такі знання та вміння: надана правильна відповідь на поставлену задачу, при цьому не наведено проміжних розрахунків, або не наведено одиниці виміру фізичних величин.

14 - 5 балів - студент отримує, виявивши такі знання та вміння: в загальній формі розбирається у матеріалі, але задача вирішена не вірно.

4 - 0 балів - якщо студент, допускає суттєві помилки при висвітленні понять, відповідає не по суті.

Загальне оцінювання результатів атестаційного екзамену

Оцінка атестаційного іспиту виставляється за національною та європейськими шкалами за такою системою:

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)
C	75 – 84 (добре)	
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)
E	60 – 69 (достатньо)	
FX- F	59-0 (незадовільно)	2 (незадовільно)

### III. ЗМІСТ АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ

#### **1 Основи наукових досліджень в теплоенергетиці та гідроенергетиці**

##### **Розділ 1. Методи теоретичних та експериментальних досліджень**

Загальні відомості про науку. Наукові дослідження, їх особливості та етапи. Предмет та об'єкт дослідження. Методи та засоби дослідження. Загальні положення планування експерименту. Розробка плану-програми експерименту.

##### **Розділ 2. Наукова аналітика за допомогою інформаційних інструментів Web of Science**

Можливості розширеного пошуку / advanced search в Web of Science Core Collection. Складання пошукових запитів за допомогою полів пошуку та логічних операторів. Пошук в пристатейній бібліографії. Аналіз інформації в спеціалізованих базах даних і регіональні індекси наукового цитування на платформі Web of Science. Оглядовий семінар по аналітичному ресурсу InCites. Основні показники та нові функції інструменту для всебічної оцінки наукової діяльності. Створення базових і призначених для користувача звітів на підставі даних Web of Science і їх використання для планування наукової діяльності.

##### **Розділ 3. Дослідження та випробування енергетичних апаратів**

Статистичні похибки та їх усунення. Основні поняття вимірювання. Статистичні методи оцінки вимірювань. Інтервальна оцінка за допомогою довірчої вірогідності. Встановлення мінімальної кількості вимірювань. Усунення грубих похибок. Дослідження та обробка експериментальних даних. Основні поняття вимірювання. Дослідження у теплотехніці та гідроенергетиці. Норми. Прилади при проведенні досліджень. Обробка експериментальних даних по створенню теплоізоляційних матеріалів.

#### **2. Економічні та екологічні аспекти енергозбереження**

##### **Розділ 1. Фінансове оцінювання енергозберігаючих проектів**

Методика фінансової оцінки. Проект і проектний аналіз. Строк окупності. Дисконтування, зміна вартості грошей у часі. Чиста приведена вартість. Внутрішня норма прибутку. Чиста приведена вартість. Інженерна економіка. Діаграма руху грошових коштів. Основні чинники для вирішення завдань інженерної економіки.

##### **Розділ 2. Етапи енергоаудиту та фінансовий аналіз заходів**

Основні етапи енергоаудиту. Основні етапи енергетичного аудиту. Отримання інформації про споживання енергії. Визначення паливно-енергетичних потоків. Аналіз ефективності використання об'єкта паливно-енергетичних ресурсів. Формування переліку проектів енергозбереження. Оцінювання проектів. Підведення підсумків енергоаудиту. Фінансовий аналіз запропонованих заходів. Оцінювання економії. Перехресна перевірка економіки. Збереження первинної та вторинної енергії.

### **Розділ 3. Екологічні аспекти енергозбереження**

Екологічний менеджмент. Термінологія. Система ISO 14001. Вимоги до підприємства для отримання сертифікату. Аналіз аспектів. Контроль і адміністрування (менеджмент). Екологічна програма. Екологічний моніторинг.

### **Розділ 4. Характеристика та кількісні показники викидів.**

Основні показники забруднення у світі. Визначення окремих викидів для різних видів палива.

## **3. Інноваційні технології в гідроенергетиці**

### **Розділ 1. Огляд основних напрямків розвитку світової енергетичної сфери**

Споживання і виробіток енергії в Україні та світі. Теоретичні аспекти розвитку світового енергетичного ринку. Еволюція розвитку енергетичного ринку. Особливості формування світових цін на енергоресурси. Моніторинг сучасного стану світових енергетичних ринків.

### **Розділ 2. Аналіз інноваційних технологій удосконалення роботи ГЕС**

Напрями розвитку світового енергетичного ринку. Роль технологій в розвитку світового енергетичного ринку. Інноваційний менеджмент. Аварійність ГЕС. Підвищення гарантій безпечної роботи ГЕС.

### **Розділ 3. Етапи розробки проекту аналізу, удосконалення та впровадження на об'єктах гідроенергетики**

Тенденції вдосконалення гідроенергетичного обладнання, використання синтетичних матеріалів, 3D-технології в гідроенергетиці. Аналіз джерел інформації, збір даних та обробка інформації. Застосування моделювання в процесах гідроенергетики для удосконалення роботи та зменшення витрат. Технічне завдання і етапи виконання проекту.

### **Розділ 4. Сучасні тенденції в гідроенергетиці**

Екологічна безпека гідроенергетичних об'єктів, необхідність прискореного розвитку використання відновлюваних джерел енергії. Забезпечення енергоефективності в промисловості та побуті. Воднева енергетика майбутнього. Майбутнє енергетичного розвитку України.

## **4. Діагностика електрообладнання електричних станцій**

### **Розділ 1. Мета й завдання технічного діагностування**

Основні поняття й визначення технічної діагностики. Сутність процесів діагностування. Завдання контролю й діагностування. Функціональний аналіз системи генерації.

### **Розділ 2. Системи технічного діагностування**

Основні види та об'єкти діагностування. Діагностування за результатами вимірювань. Моделі визначення станів електричного обладнання. Показники контролездатності обладнання.



### **Розділ 3. Математичні моделі технічної діагностики**

Моделі формування діагностичних параметрів. Складання структурної моделі. Методи оптимізації тестів. Основні алгоритми тестування.

### **Розділ 4. Оцінка технічного стану електричного обладнання ГЕС**

Методи діагностики обладнання ГЕС. Діагностика струмопроводів та комутаційного обладнання. Діагностика перетворювачів та захисного обладнання ГЕС. Діагностика вимірювального обладнання.

## **5. Електродинамічні процеси в гідроенергетиці**

### **Розділ 1. Основи дослідження динаміки гідротехнічних об'єктів**

Основні поняття при дослідженні динаміки ГТО. Методи оцінки гідротехнічних об'єктів. Рух газорідних середовищ в трубопроводах. Критерії подібності. Кавітація газорідних систем. Число кавітації.

### **Розділ 2. Особливості електродинамічних складових генерації**

Характеристика режимів у лініях передачі. Уявлення напрямляючої структури еквівалентної двох провідної ЛП. Хвильовий опір. Первинні та вторинні параметри ЛП. Суперпозиція прямих та зворотних хвиль у ЛП. Параметри режиму в лінії, вхідний опір хвильовода. Кругова номограма (діаграма) Вольперта - Сміта, її застосування. Методи розрахунку гідродинамічних процесів. Методи комп'ютерного моделювання гідродинаміки середовищ.

### **Розділ 3. Гідроелектричні задачі прикладної динаміки**

Основні задачі прикладної динаміки. Методи виконання задач прикладної динаміки. Гідроенергетичні та електродинамічні дослідження, їх реалізація та ефективність.

## **6. Математичне моделювання та оптимізація в енергетиці**

### **Розділ 1. Поняття числових методів.**

Поняття про числові методи. Характеристики числових методів. Погрішність розрахунку. Методи апроксимації. Методи ітерацій. Методи вирішення диференціальних рівнянь. Інтегральні методи.

### **Розділ 2. Математичне моделювання. Методи математичної фізики.**

Поняття моделювання. Математичне моделювання. Принципи побудови математичних моделей. Фізичні моделі. Імітаційне моделювання. Рівняння математичної фізики. Рівняння теплопровідності. Хвильове рівняння. Метод сіток.

### **Розділ 3. Оптимізація технологічних процесів.**

Ідентифікація технологічного процесу. Вимоги до параметрів. Балансові рівняння. Поняття оптимізації. Методи оптимізації. Параметрична оптимізація. Умови оптимізації. Особливості оптимізації енергетичних процесів.

#### **Розділ 4. Моделювання систем управління енергетичними процесами.**

Поняття управління. Особливості аналізу енергетичних об'єктів. Об'єктне моделювання за допомогою сучасних програмних середовищ. Розробка моделі управління енергетичним об'єктом. Адекватність моделі.

### **IV. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

#### Основна:

1. Горев В.М. Технічна електродинаміка : навчальний посібник. Дніпро: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (НТУ "ДГГ), 2019. 91 с.
2. Радченко В. В. Моделювання й оптимізація в гідроенергетиці : навч.- метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 134 с.
3. Радченко В.В., Кобець В.О. Моніторинг та діагностика гідроенергетичного обладнання і споруд ГЕС. Запоріжжя : ЗДІА, 2014. 198 с.
4. Соловей О. І., Розен В.П., Плешков П. Г. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посібник. Кіровоград: КНТУ, 2015. 287 с.
5. Чейлитко А.О. Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 144 Теплоенергетика Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 146 с.
6. Яхно О.М., Узунов О.В., Луговський О. Ф. Прикладна гідроаеромеханіка і механоґроніка : підручник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 711 с.

#### Додаткова:

1. Банах В.І., Чейлитко А.О., Ільїн С.В., Гладишева Т.В. Інформаційні технології гідроелектростанцій: монографія : Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 151 с.
2. Бурбело М. И., Мельничук Л. М. Стимулювання зменшення втрат в електричних мережах : монографія : Вінниця : УНІВЕРСУМ. 2012. 110 с.
3. 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.

#### Інформаційні ресурси:

1. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. <http://saee.gov.ua/uk/business/energetichny-audit-ta-manadzhhment> (дата звернення: 30.08.2024). - Назва з екрана.

2. Сайт наукової бібліотеки ЗНУ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт] - Електронні дані. - Режим доступу: <http://library.znu.edu.ua/> (дата звернення 22.08.2024) - Назва з екрана.

## **V. ПРИКЛАД ЗАВДАНЬ АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ:**

### **1. Тестове завдання.**

Головною перевагою ГЕС у порівнянні з іншими ВДЕ є:

- a. позитивний екологічний ефект;
- b. найкраща можливість покриття пікових навантажень;
- c. дешевизна електроенергії;
- d. строк окупності.

### **2. Теоретичні питання.**

- Основні принципи та закони гідроелектродинаміки,
- Показники динаміки гідроенергетичного обладнання.

### **3. Задача.**

Трифазний двополюсний асинхронний двигун при номінальному навантаженні має ковзання 6,4 %. Чому дорівнює частота обертання ротора, якщо частота змінного струму статора 60 Гц?