



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Голова приймальної комісії

В.С. Мошинський

«28 » квітня 2023 року

## **ПРОГРАМА**

фахового іспиту для прийому на навчання  
за освітньою програмою підготовки **магістра**

зі спеціальності **144 «ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА»**

## 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Фаховий іспит за спеціальністю 144 «Теплоенергетика» проводиться з метою оцінки рівня професійних знань випускників-бакалаврів, спеціалістів передбачених освітньо-кваліфікаційною характеристикою.

Фаховий іспит базується на змістових модулях дисциплін:

- Технічна термодинаміка.
- Тепломасообмін.
- Котельні установки промислових підприємств.
- Теплотехнологічні процеси і установки.
- Теплові та атомні електростанції.
- Нагнітачі та теплові двигуни.

## 2. ПОРЯДОК СКЛАДАННЯ ФАХОВОГО ІСПИТУ

2.1. Організація фахового іспиту здійснюється відповідно до Положення про приймальну комісію Національного університету водного господарства та природокористування.

2.2. Фаховий іспит проводиться в письмовій формі або з використанням комп'ютерної техніки і складається із 45-ти тестових завдань першого рівня складності та 2-ох тестових завдань другого рівня складності, кожне з яких містить п'ять варіантів відповіді.

2.3. Порядок нарахування балів при проходженні тестування за завдання першого рівня складності:

| <i>Структура тестового завдання</i>   | <i>Умови нарахування (2 бали)</i>   |
|---|---|
| 1. Питання<br>а) 100% вірна;<br>б) 0% невірна;<br>в) 0% невірна;<br>г) 0% невірна;<br>д) 0% невірна.                | Питання містить лише одну вірну відповідь, при виборі якої нараховується 2 бали.  |
| 1. Питання<br>а) 50% вірна;<br>б) 50% вірна;<br>в) 0% невірна;<br>г) 0% невірна;<br>д) 0% невірна;                  | Питання містить дві правильні відповіді, при виборі яких відповідь вважається повною і нараховується 2 бали.<br>При виборі лише одного варіанту правильної відповіді - нараховується 1 бал.   |
| 1. Питання<br>а) 33,33333% вірна;<br>б) 33,33333% вірна;<br>в) 33,33333% вірна;<br>г) 0% невірна;<br>д) 0% невірна. | Питання містить три правильних варіанти відповіді, при виборі яких відповідь вважається повною і нараховується 2 бали.<br>При виборі одного або двох лише правильних варіантів відповідей, відповідь вважається частково вірною і нараховується 0,67 бала за кожен правильний варіант відповіді |
| 1. Питання  | Питання містить чотири правильні варіанти   |

|  |   |
|--|---|
| a) 25% вірна;<br>b) 25% вірна;<br>c) 25% вірна;<br>d) 25% вірна;<br>e) 0% невірна. | відповіді, при виборі яких відповідь вважається повною і нараховується 2 бали.<br>При виборі одного, двох або трьох лише правильних варіантів відповідей, відповідь вважається частково вірною і нараховується 0,5 балів за кожен правильний варіант відповіді. |
|--|---|

2.4. Завдання другого рівня складності оцінюються в 5 балів кожне і містять одну правильну відповідь. У разі відсутності розв'язку, але вірно відміченого правильного варіанту відповіді, завдання оцінюється в 2 бали.

2.5. Якщо в питанні вступник відмітив більше варіантів відповідей, ніж передбачено питанням, то питання оцінюється в 0 балів.

2.6. Час проведення фахового іспиту складає до трьох астрономічних годин.

### **3. ТЕМИ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ, ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА ФАХОВИЙ ІСПИТ**

#### **3.1. Технічна термодинаміка.**

##### ***Розділ 1. Основні поняття технічної термодинаміки***

Загальні відомості про термодинаміку. Термодинамічна система. Термічні параметри стану термодинамічної системи. Рівняння стану термодинамічної системи. Газова стала. Газові суміші. Термодинамічний процес.

##### ***Розділ 2. Перший закон термодинаміки***

Внутрішня енергія. Робота і теплота. Аналітичний вираз першого закону термодинаміки для закритих систем. Теплоємність. Ентальпія. Ентропія. Термодинамічні процеси ідеальних газів у закритих системах.

##### ***Розділ 3. Другий закон термодинаміки***

Загальна характеристика закону. Термічний ККД. Холодильний коефіцієнт. Цикл Карно. Зміна ентропії в необоротних процесах. Ефективність перетворення енергії різних видів. Ексергія та анергія. Ексергетичний баланс та коефіцієнт корисної дії.

##### ***Розділ 4. Термодинамічні властивості і теплоємність ідеального газу***

Теплоємність та її види. Диференційні співвідношення між теплоємностями. Теплоємності сумішей. Розрахунок теплоти у процесі за теплоємностями.

##### ***Розділ 5. Суміші ідеальних газів***

Суміші ідеальних газів. Рівняння стану для суміші газів.

##### ***Розділ 6. Основні термодинамічні процеси ідеальних газів***

Термодинамічні процеси з ідеальним газом. Зображення процесів роботи та передачі тепла на діаграмах. Політропні процеси.

##### ***Розділ 7. Реальні гази***

Реальні гази та їх рівняння стану. Фазові переходи.

##### ***Розділ 8. Водяна пара***

Рівняння стану водяної пари.  $P$ - $v$ ,  $T$ - $s$  та  $h$ - $s$  діаграми водяної пари. Процеси з водяною парою та їх розрахунок.

##### ***Розділ 9. Вологе повітря. Основні процеси вологого повітря***

Вологе повітря.  $H$ - $d$  діаграма вологого повітря. Розрахунок процесів змішування, нагріву, охолодження та сушіння.

### ***Розділ 10. Витікання і дроселювання газів та парів***

Закон нерозривності потоку. Технічна робота. Сопла та дифузори. Сопло Лавалля та його розрахунок. Дроселювання газів та пари. Температура інверсії.

### ***Розділ 11. Стиснення газу в компресорі***

Класифікація і принципи роботи компресорів. Термодинаміка нагнітання. Багатоступеневе нагнітання.

### ***Розділ 12. Цикли теплових двигунів з газовим робочим тілом***

Термодинамічний аналіз роботи двигунів внутрішнього згорання. Цикли Отто, Дизеля та Трінклера. Розрахунок ККД циклів. Газотурбінні установки (ГТУ). Теоретичні цикли ГТУ. Розрахунок параметрів, роботи. Енергетичний баланс ГТУ. Способи підвищення ефективності циклів ГТУ.

### ***Розділ 13. Цикли паросилових установок***

Цикл Ренкіна. Зображення циклу на  $p$ - $V$ ,  $T$ - $s$  та  $h$ - $s$  діаграмах. Розрахунок термічного ККД. Способи підвищення теплової ефективності циклів ПСУ. Цикли ТЕЦ. Принцип роботи та цикли АЕС.

### ***Розділ 14. Зворотні термодинамічні цикли теплових машин***

Цикли холодильних машин (ХМ). Компресорний, детандерний та дросельний цикли ХМ. Абсорбційні установки. Теплові насоси. Типи та термодинамічні параметри.

### ***Розділ 15. Принципи роботи та методи прямого перетворення теплової енергії в електричну***

Магнітогідродинамічні генератори (МГДГ) та їх ККД. Комбінація МГДГ та ПСУ. Термоелектронні генератори. Паливні елементи.

### ***Розділ 16. Роботоздатність термодинамічних систем. Ексергія***

Аналіз ефективності використання енергії. Енергетичний баланс ПСУ. Метод ККД. Ексергічний аналіз. Ексергія маси, потоку та теплоти. Ексергічні баланси і ККД ПСУ.

## **3.2. Тепломасообмін.**

### ***Розділ 1. Теплопровідність при стаціонарному режимі***

Температурне поле та градієнт температури. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Диференціальне рівняння теплопровідності та умови однозначності. Стаціонарна теплопровідність через плоску, циліндричну та сферичну стінки. Багатошарові стінки. Одномірні та двомірні задачі теплопровідності. Розв'язок задач теплопровідності при умові залежності коефіцієнта теплопровідності від температури. Теплопровідність при наявності внутрішніх джерел теплоти. Теплопровідність ребер.

### ***Розділ 2. Теплопровідність при нестаціонарному режимі***

Задачі нестаціонарної теплопровідності. Визначення температурного поля та кількості теплоти при охолодженні (нагріванні) нескінченних пластини, циліндра, а також кулі. Охолодження (нагрівання) тіл скінчених розмірів. Регулярний тепловий режим.

### ***Розділ 3. Основні положення конвекційного теплообміну***

Загальні положення. Рівняння Ньютона – Ріхмана. Диференціальні рівняння конвекційного теплообміну. Основні теорії пограничного шару. Основи теорії

подібності. Безрозмірний опис фізичних явищ. Умови, теореми подібності. Фізичне і математичне моделювання задач теплообміну.

#### ***Розділ 4. Конвекційний теплообмін при вимушеному і вільному русі рідини***

Рівняння подібності теплообміну при русі рідини вздовж плоскої поверхні. Тепловіддача при русі рідини в трубах і каналах. Тепловіддача при поперечному обтіканні однієї труби та пучка труб. Конвекційний теплообмін при вільному русі рідини. Тепловіддача при природній конвекції в необмеженому об'ємі біля вертикальних і горизонтальних труб. Теплообмін при вільній конвекції в обмежених об'ємах.

#### ***Розділ 5. Теплообмін при зміні агрегатного стану***

Опис теплообміну при кипінні: бульбашкове та плівкове кипіння. Кризи кипіння. Кипіння рідини у великому об'ємі. Теплообмін при конденсації. Плівкова та краплина конденсація. Тепловіддача при конденсації на вертикальних поверхнях на вертикальних і горизонтальних трубах.

#### ***Розділ 6. Теплопередача***

Теплопередача через плоску, циліндричну і сферичну стінки. Граничні умови третього роду. Критичний діаметр циліндричної стінки. Вибір матеріалу теплової ізоляції. Шляхи інтенсифікації теплопередачі.

#### ***Розділ 7. Закони теплового випромінювання***

Основні поняття та визначення. Види променевих теплових потоків. Закони теплового випромінювання. Теплообмін випромінюванням між тілами, які розділені прозорим середовищем. Інтенсифікація та зменшення теплообміну випромінюванням. Випромінювання газів. Складний теплообмін.

#### ***Розділ 8. Теплообмінні апарати***

Призначення, класифікація, схеми теплообмінних апаратів. Охорона праці при експлуатації теплообмінних апаратів. Основні схеми руху теплоносіїв. Рівняння теплового балансу і теплопередачі. Середньологарифмічний температурний напір. Конструктивний та перевірочний теплові розрахунки теплообмінників. Порядок розрахунку теплообмінних апаратів.

### **3.3. Котельні установки промислових підприємств.**

#### ***Розділ 1. Загальна технологічна схема котельної установки. Загальні характеристики котлів. Конструкції котлів та парогенераторів***

Загальна технологічна схема котельної установки. Схема барабанного котла з природною циркуляцією. Характеристики та конструкції котлів з природною циркуляцією низького тиску. Характеристики та конструкції енергетичних котлів з природною циркуляцією. Прямотечійні котли. Характеристики та конструкції водогрійних котлів. Компоновка котлів. Характеристики та конструкції парогенераторів АЕС.

#### ***Розділ 2. Матеріальний баланс процесу горіння палива. Матеріальний баланс середовища, що нагрівається***

Прихідна частина балансу горіння палива (витрата кисню, повітря, коефіцієнт надлишку повітря). Вихідна частина матеріального балансу горіння (склад і кількість продуктів згорання. Ентальпія продуктів згорання). Складові матеріального балансу середовища, що нагрівається.

#### ***Розділ 3. Тепловий і ексергетичний баланси котла***

Загальне рівняння теплового балансу. Корисно витрачена на виробництво пари теплота. Витрата палива і ККД котла. Втрати теплоти з відхідними газами. Втрати теплоти з хімічним недопалом палива. Втрати теплоти з механічним недопалом палива. Втрати теплоти від зовнішнього охолодження. Втрати теплоти з фізичною теплотою шлаків. Втрати теплоти з охолодженням конструктивних елементів. Втрати теплоти від неусталеного теплового стану котла. Залежність ККД котла від навантаження. Ексергетичний баланс котла.

#### ***Розділ 4. Спалювання твердого палива в котлоагрегаті***

Класифікація шарових топок. Немеханізовані, напівмеханізовані та механічні топки для спалювання твердого палива в щільному шарі. Топки з киплячим шаром. Вибір шарових топок та основи їх розрахунку. Особливості спалювання твердого палива в пилевидному стані. Основні схеми пилеприготування. Сушка палива. Розмел палива. Вибір млинового обладнання і системи пилеприготування. Особливості горіння вугільного пилу. Пилевугільні пальники. Топки для факельного спалювання вугільного пилу з гранулованим шлаковидаленням. Топки для факельного спалювання вугільного пилу з рідким шлаковидаленням. Циклонні і вихрові топки.

#### ***Розділ 5. Спалювання газоподібного палива в котлоагрегаті***

Схеми спалювання газоподібного палива і їх вплив на довжину і характеристику факелу, стійкість полум'я. Класифікація і схеми пальників для газоподібного палива. Спалювання газоподібного палива з низькою та високою теплотою згорання. Спалювання палива разом з іншими видами палива. Топки для спалювання газоподібного палива. Особливості розрахунку газових пальників та топок.

#### ***Розділ 6. Спалювання рідкого палива в котлоагрегаті***

Механізм спалювання рідкого палива. Способи розпилювання рідкого палива. Форсунки і топки для спалювання рідкого палива, їх порівняльна характеристика. Присадки до мазуту і їх призначення.

#### ***Розділ 7. Випаровувальні поверхні нагріву котлоагрегату***

Конструкції екранів топки. Особливості схем екранів прямотечійних котлів.

#### ***Розділ 8. Пароперегрівники. Регулювання температури пари***

Призначення і класифікація пароперегрівників. Конструкція і компоновка пароперегрівників. Конвекційні пароперегрівники. Радіаційні і ширмові пароперегрівники. Розміщення пароперегрівника в газовому тракті. Призначення і способи регулювання температури перегріву пари.

#### ***Розділ 9. Економайзери та повітронідігрівники***

Некиплячі і киплячі економайзери. Схеми включенні економайзерів. Вплив підігріву повітря на роботу топки і розподіл теплосприйняття по поверхням нагріву котла. Переваги і недоліки рекуперативних і регенеративних підігрівників.

#### ***Розділ 10. Каркас і обмурівка котлоагрегату***

Каркас. Призначення обмурівки і вимоги до неї. Конструкція обмурівки. Основи теплового розрахунку обмурівки.

#### ***Розділ 11. Теплообмін в елементах котла***

Загальні положення. Теплообмін в топці і його особливості. Теоретична температура горіння палива. Променесприймаюча поверхня нагріву топки. Характеристика екранів. Вибір температури газів в кінці топки при спалювання газів, рідкого палива і вугілля. Теплообмін в конвекційних поверхнях нагріву.

Розрахунок теплообміну в конвекційних поверхнях нагріву. Коефіцієнт теплопередачі в конвекційних поверхнях нагріву, вплив забруднень на його значення. Інтенсифікація радіаційного і конвекційного теплообміну.

### ***Розділ 12. Водний режим і якість пари котлів***

Утворення накипу і вимоги до живильної води. Системи підготовки живильної води. Водний режим і продувка котла. Сепарація і промивка пари.

### ***Розділ 13. Аеродинаміка котла***

Схеми газоповітряного тракту і область їх використання. Аеродинамічні опори при русі газів і повітря в котлі. Аеродинаміка димової труби. Самотяга. Вибір вентилятора і димосмока.

***Розділ 14. Абразивний знос, корозія, забруднення і очистка поверхонь нагріву***

Абразивний знос труб котла. Корозія металу елементів котла. Високотемпературна та низько температурна корозія зовнішніх поверхонь нагріву котла, способи захисту. Корозія внутрішніх поверхонь нагріву котла. Зовнішнє забруднення поверхонь нагріву котла. Способи очистки і їх ефективність.

***Розділ 15. Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів при роботі котла***

Вміст шкідливих домішок в продуктах згорання. Типи золовловлювачів. Порівняльні характеристики золовловлювачів. Очистка продуктів згорання від оксидів сірки. Очистка продуктів згорання від оксидів азоту.

### ***Розділ 16. Експлуатація котлів***

Вимоги до експлуатації котлів. Порядок підготовки і пуску в роботу котла. Обслуговування котла під час роботи. Зупинка котла. Ремонт котла. Розподіл навантаження між паралельно працюючими котлами. Показники, що характеризують роботу котлів. Перспектива розвитку котельних установок.

## **3.4. Теплотехнологічні процеси і установки.**

### ***Розділ 1. Основні види тепломасообмінних процесів***

Вступ до дисципліни. Основні види промислових тепломасообмінних процесів і установок. Теплоносії. Властивості теплоносіїв. Класифікація теплоносіїв. Низько- і середньотемпературні теплоносії.

### ***Розділ 2. Теплообмінні процеси і апарати***

Рекуперативні теплообмінники. Призначення. Класифікація. Конструкції кожухотрубних теплообмінних апаратів. Методи розрахунку. Особливості розрахунку апаратів з оребренням. Теплові труби та термосифони. Апарати зі змішуванням теплоносіїв. Методи розрахунку. Регенеративні теплообмінні апарати. Конструкції та особливості розрахунків. Охорона праці при експлуатації теплообмінних апаратів.

### ***Розділ 3. Випарні установки***

Фізичні основи процесу випарювання. Способи задання складу розчину. Фізико-хімічна температурна депресія. Теплопередача в випарних апаратах. Схеми і конструкції випарних апаратів і установок. Класифікація випарних апаратів. Схеми багатоступеневих випарних установок (БВУ). Розрахунок БВУ. Допоміжне обладнання випарних установок: конструкція, розрахунок, вибір. Охорона праці при експлуатації випарних установок.

### ***Розділ 4. Холодильні установки***

Термодинамічні основи одержання холоду. Класифікація холодильних установок. Компресорні холодильні установки. Основи розрахунку. Абсорбційні холодильні установки. Методика розрахунку основних показників. Пароелектричні холодильні установки. Аналіз процесів в  $T-s$  координатах. Трансформатори теплоти. Теплові насоси. Охорона праці при експлуатації холодильних установок.

#### ***Розділ 5. Процеси видалення вологи з матеріалів***

Способи видалення вологи з матеріалів. Вологий матеріал як об'єкт сушіння. Зв'язок вологи з матеріалом. Характеристика сушильних агентів та вимоги до них. Матеріальний та тепловий баланси конвекційної сушильної установки. Аналітичний і графоаналітичний методи розрахунку статичної конвекційної сушіння. Кінематика процесу сушіння. Періоди процесу сушіння. Основні поняття технології сушіння. Класифікація способів сушіння.

#### ***Розділ 6. Конструкції сушильних установок***

Класифікація сушильних установок. Типи, конструкції і основні технічні характеристики сушарок. Охорона праці при експлуатації сушильних установок.

#### ***Розділ 7. Установки дистиляції та ректифікації***

Дистиляційні установки. Принципові схеми ректифікаційних установок. Аналіз процесу ректифікації в  $t-x,y$  та  $x-y$  діаграмах. Типи і конструкції ректифікаційних колон. Методика розрахунку числа тарілок в колоні. Матеріальний і тепловий баланси ректифікації. Охорона праці при експлуатації ректифікаційних установок.

### **3.5. Теплові та атомні електростанції.**

#### ***Розділ 1. Електричні станції та їх основні типи. Перспективи розвитку ТЕС та АЕС. Графіки навантаження електростанцій***

Характеристика стану електроенергетики на сучасному етапі та її перспективи розвитку за енергетичною програмою розвитку до 2030 року. Графіки навантаження електростанцій. Структура пилувугільної електростанції.

#### ***Розділ 2. Способи підвищення теплової економічності паротурбінних електростанцій. Термодинамічні цикли з проміжним пароперегрівом та регенеративним підігрівом живильної води***

Термодинамічний аналіз можливостей збільшення ККД завдяки проміжному пароперегріву та регенеративному підігріву живильної води.

#### ***Розділ 3. Енергетичні характеристики роботи теплових та атомних електростанцій. Теплофікаційні цикли і характеристики економічності ТЕЦ***

Структура коефіцієнтів корисної дії ТЕС та ТЕЦ. Їх вираження через енергетичні коефіцієнти. Затрати палива, пари та теплоти. Питомі затрати теплоти і палива та їх зв'язок з ККД. Енергетичні показники атомної електростанції.

#### ***Розділ 4. Схеми регенеративного підігріву живильної води***

Регенеративний підігрів у ТО зі змішуванням теплоносіїв. Каскадний регенеративний підігрів у РП поверхневого типу (РПП). Регенеративний підігрів у РПП з переохолодженням конденсату та охолодженням перегрітої пари. Будова РПНТ та РПВТ. Схеми включення РП.

#### ***Розділ 5. Типові та принципові схеми енергетичних установок теплових та атомних електростанцій. Цехова структура ТЕС та АЕС***

Теплові та технологічні схеми ТЕС і АЕС. Принципові теплові схеми ТЕС та АЕС. Розрахунок принципових теплових схем. Цехова структура ТЕС і АЕС.



Функції підрозділів ТЕС та АЕС. Керування виробничими процесами на ТЕС та АЕС.

### ***Розділ 6. Елементи водопідготовки на ТЕС та АЕС. Деаерація води***

Вимоги до якості живильної води електростанцій. Способи зниження солевмісту та корозійно активних газів. Деаерація води. Типи деаераторів, їх будова та схеми включення. Тепловий розрахунок деаераторів.

### ***Розділ 7. Технічне водопостачання електростанцій***

Споживачі технічної води. Розрахунок витрати оборотної води та її параметрів. Нагрівання оборотної води в конденсаторах турбін (КТ. Типи та охолоджувачі систем оборотного водопостачання. Баланси охолоджуючої води.

### ***Розділ 8. Ядерні енергетичні установки, їх схеми та фізика реактора***

Класифікація ланцюгових реакцій. Типи реакторів та їх будова. Реактор ВВЕР-1000. Циркуляційні петлі та система компенсації об'єму реактора.

### ***Розділ 9. Парогенератори***

Схеми парогенераторів. Тепловий розрахунок парогенератора. Будова парогенераторів АЕС з реакторами ВВЕР-1000. Водний режим першого контуру та матеріальні баланси другого.

### ***Розділ 10. Системи безпеки та допоміжне обладнання першого контуру АЕС***

Групи відповідальних споживачів електроенергії. Категорії пристроїв безпеки АЕС. Класифікація систем безпеки. Системи байпасної очистки води та інше допоміжне обладнання.

### ***Розділ 11. Компонування головних будівель електростанцій***

Структура головної будівлі. Компонування головних будівель ТЕС та АЕС. Компонування реакторного відділення. Компонування деаераторного і турбінного відділень.

### ***Розділ 12. Газотурбінні, парогазові та інші типи енергетичних установок***

Принципові схеми і показники газотурбінних установок електростанцій. Парогазові установки електростанцій. Електростанції з МГД-установками. Сонячні та геотермальні електростанції.

### ***Розділ 13. Принципи термоядерної енергетики***

Основні засади термоядерної енергетики. Типи термоядерних реакторів. Двоконтурні гібридні термоядерні електростанції.

### ***Розділ 14. Вплив роботи електростанцій на довкілля та принципи їх безпечної експлуатації***

Види забруднень довкілля від енергетичних об'єктів. Надійність і безпека роботи ТЕС. Принципи безпеки роботи АЕС та термоядерних електростанцій.

## **3.6. Нагнітачі та теплові двигуни**

### ***Розділ 1. Загальні відомості про нагнітачі та теплові двигуни***

Стислі історичні відомості про розвиток нагнітачів та теплових двигунів. Поняття про нагнітачі та теплові машини та їх класифікація. Будова лопатевих машин, принцип дії і класифікація. Схема насосної установки. Основні параметри гідравлічних і аеродинамічних машин.

### ***Розділ 2. Основи теорії, характеристики і конструкції лопатевих насосів***

Рух рідини в робочому колесі відцентрового насоса. Основне рівняння лопатевих насосів (рівняння Л.Ейлера). Характеристики лопатевих насосів. Конструкції лопатевих насосів.

### ***Розділ 3. Кавітація в насосах.***

Кавітація і її особливості. Кавітаційні характеристики. Визначення відмітки осі насоса. Способи попередження і послаблення кавітації.

### ***Розділ 4. Режими роботи насосів.***

Подібність лопатевих насосів. Перерахунок характеристик насоса. Сумісна робота насоса і трубопроводу. Паралельна і послідовна робота насосів. Регулювання подачі насосів.

### ***Розділ 5. Насосне обладнання в теплоенергетиці***

Загальні відомості про насоси теплових і атомних електростанцій. Живильні насоси. Конденсаційні насоси. Насоси теплофікаційних мереж. Циркуляційні насоси. Будова і експлуатація насосних установок.

### ***Розділ 6. Об'ємні насоси, насоси тертя і гідравлічні двигуни***

Параметри об'ємних гідромашин. Типи конструкції та принцип дії об'ємних гідромашин. Типи та особливості роботи насосів тертя. Гідравлічні двигуни.

### ***Розділ 7. Лопатеві вентилятори та компресори. Поршневі компресори***

Конструкції і принцип дії аеродинамічних машин. Параметри вентиляторів, повітродувних машин і компресорів. Характеристики аеродинамічних машин. Робота аеродинамічних машин на мережу. Принцип дії, індикаторна діаграма, процеси стискання і розширення газу в компресорі. Потужність, ККД і продуктивність поршневого компресора. Багатоступінчасте стискання газу, дійсна індикаторна діаграма, регулювання подачі компресора. Конструкції компресорів, компресорні установки.

### ***Розділ 8. Робочий процес парової турбіни***

Будова турбіни. Перетворення енергії на лопатках турбіни. Робота пари або газу на робочих лопатках. Основні геометричні характеристики решіток профілів турбіни. Паротурбінні установки і їх ККД. Основні втрати в ступенях турбіни. Відносний внутрішній ККД ступеня турбіни.

### ***Розділ 9. Багатоступеневі парові турбіни***

Основні особливості багатоступеневих турбін. Турбіни с відбором пари для регенерації. Тепловий розрахунок багатоступеневої турбіни. Основні деталі турбін. Конденсаційні турбіни малої і середньої потужності. Конденсаційні турбіни великої потужності. Теплофікаційні турбіни.

### ***Розділ 10. Конденсаційні пристрої парових турбін***

Принцип дії і основні елементи конденсаторів турбіни. Схеми і конструкції конденсатора. Основи теплового розрахунку поверхневих конденсаторів. Повітровідсмоктувальні пристрої конденсаторів. Охолодження циркуляційної води.

### ***Розділ 11. Газотурбінні і парогазові установки***

Газотурбінні установки (ГТУ) розімкнутого процесу із згоранням палива при постійному тиску. ГТУ розімкнутого процесу із ступеневим стисканням і ступеневим згоранням палива при постійному тиску. ГТУ замкнутого процесу із згоранням палива при постійному тиску. Парогазові і інші комбіновані установки. Основні елементи і приклади виконання газотурбінних установок.

## ***Розділ 12. Двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ)***

Паливо. Згорання палива. Робочий процес і теоретичні індикаторні діаграми карбюраторних та газових двигунів та дизелів. Основні елементи і конструкції ДВЗ.

## ***Розділ 13. Регулювання теплових двигунів***

Системи регулювання. Основні положення. Регулятори. Способи регулювання парових турбін. Регулювання газотурбінних установок. Регулювання двигунів внутрішнього згорання. Будова системи змащування турбін.

## ***Розділ 14. Основи експлуатації турбінних установок***

Обслуговування турбінної установки. Хвороби парової турбіни і засоби їх попередження. Несправності конденсаційної установки і способи їх попередження. Правила безпечної експлуатації тепло-механічного обладнання електростанцій і теплових мереж.

## **4. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ФАХОВОГО ІСПИТУ**

1. Недужий І.А., Алабовський А.Н. Технічна термодинаміка і теплопередача. -Київ.: Вища шк., 1990. – 255 с.: ил.
2. Бальян С.В. Технічна термодинаміка і теплові двигатели. -Л.: Машиностроение.- 1973 г.
3. Приходько М.А., Герасимов Г.Г. Термодинаміка та теплопередача: Навч. посіб. - Рівне: НУВГП, 2008. – 250 с.
4. Мухачев Г.А., Щукін В.К. Термодинаміка і теплопередача: Учебник для авиац. вузов.-3-е изд., перераб. - Москва: Высшая школа,1991. - 480с. - ил.
5. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка:Підручник. - 2-ге вид., випр. - Київ: Техніка,2006. - 320с. - (іл.).
6. Пеньков В. І. Технічна термодинаміка: навч. посіб. Європейська кредитно-трансферна система. Для студ. напр. підгот. 6.090601 "Теплоенергетика". - Рівне: НУВГП, 2010. - 209 с.
7. Исаченко В.П., Осипов В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1980. – 246 с.
8. Погорелов А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунки): Навчальний посібник для вузів. 2- ге видання. – Львів: «Новий Світ-2000», 2004. – 144 с.
9. Лабай В.Й. Тепломасообмін: Підручник для ВНЗ. – Львів: Тріада Плюс, 2004. – 260 с.
10. Основи тепломасообміну. Підруч. для студ. вищ. навч. закл. / С.М. Василенко, А.І. Українець, В.В. Олішевський. За ред. І.С. Гулого; Нац. ун-т харч. технологій. — К. : НУХТ, 2004. — 249 с.
11. Промышленные тепломассообменные процессы и установки./ А.М. Бакластов, В.Г. Горбенко, О.Л. Данилов и др.; Под ред. А.М. Бакластова. - М.: Энергоатомиздат, 1986.-328 с.
12. Бакластов А.М., Горбунко В.А., Удома П.Г. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок. - М.: Энергоиздат, 1981.- 366 с.
13. Куба В.В., Середа В.В. Теплотехнологічні процеси та установки. Розділ «Установка сушильна тунельна». Практикум. Навчальний посібник – Рівне: НУВГП, 2012 – 82 с.

14. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. - М.: Энергия, 1972.- 320 с.
15. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности.- М.: Пищевая промышленность, 1986 - 530 с.
16. В.А. Волошук, А.К. Денисов, І.П. Трофимчук. Котельні установки промислових підприємств: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 227 с.
17. Сидельковский Л. Н., Юренев В. Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. - – М.: Энергоатомиздат, 1988. –582 с.
18. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) /Под ред. Н.В.Кузнецова, В.В.Митора, И.Е.Дубовского, И.С.Карасиной. Изд. третье, перераб. и доп. – Санкт-Петербург: НПО ЦКТИ-ВТИ, СПб, 1998. – 256 с.
19. Алабовський О.М., Боженко М.Ф. Проектування котельень промислових підприємств: Курсове проектування з елементами САПР. – К.: Вища школа, 1992. – 207 с.
20. Эстеркин Р. И. Промышленные котельные установки: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1985. – 400 с., ил.
21. Деев Л.В., Балахничев Н.А. Котельные установки и их обслуживание. Практик. пособие для ПТУ. – М.: Высш. шк., 1990. – 239 с. ил.
22. Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции.- М.: Энергоатомиздат. 1987.- 327 с.
23. Тепловые электрические станции. Ред. Лавыгин В.М., Седлов А.С., Цанев С.В. – Москва: Изд. дом МЭИ, 2009. – 465 с.
24. Стерман Л. С, Лавигин В. М., Тишин С. Г. Тепловые и атомные электростанции.- М.: Энергоатомиздат. 1995. - 416 с.
25. М.В. Топольницький. Атомні електричні станції. – Львів: видавництво "Бескид Біт", 2005. -523 с.
26. Тевлин С.А.. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000. – Москва: Изд. дом МЭИ, 2008. – 358 с.
27. Гиршфельд В. Я., Морозов Г. Н. Тепловые электрические станции. - М.: Энергоатомиздат. 1986. - 224 с.
28. Герасимов Г.Г. Нагнітачі та теплові двигуни. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2012. – 552 с.
29. Нигматулин И.Н., Шляхин П.Н., Цанев В.А. Тепловые двигатели.- М.: Высшая школа, 1974.- 375 с.
30. Герасимов Г.Г. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Підручник.- Рівне: НУВГП, 2008.- 241 с.
31. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы. -М.: Стройиздат, 1990.- 336 с.
32. Турбины тепловых и атомных электростанций: Учебник для вузов/ А.Г.Костюк, В.В.Фролов и др. – М.: Из-во МЭИ, 2001. – 488 с.
33. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов. – М.: Из-во МЭИ, 2002. – 584 с.
34. Карасев Б.В. Насосные и воздухоподводящие станции.- Минск: Высшая школа, 1990.- 326 с.

35. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, газодувки, компресори): Підручник. - Львів: „Магнолія плюс”, видавець В.М.Піча, 2005.- 340 с.

## 5. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

Фаховий іспит для вступників ступеня магістр на основі ступеня бакалавра (ОКР спеціаліста, ступеня магістра) проводиться у письмовій формі або з використанням комп'ютерної техніки.

Бал фахового іспиту визначається як сума балів, одержаних за вирішення 47-ми тестів. Питання першого рівня складності оцінюються від 0 до 2-ох балів, питання другого рівня складності оцінюються від 0 до 5-ти балів. Детальний опис нарахування балів приведений в розділі 2 цієї програми.

Оцінка за виконання фахового іспиту за шкалою від 100 до 200 балів визначається за формулою

$$N = n + 100,$$

де  $n$  – бал фахового іспиту за 100-бальною шкалою. Фаховий іспит оцінюється з кроком в один бал. Заокруглення до цілого числа здійснюється за математичними правилами.

Вступник допускається до участі у конкурсі, якщо оцінка за виконання фахового іспиту складає не менше 110 за шкалою від 100 до 200 балів.

Програма обговорена та узгоджена на засіданні кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин ННІВГП (протокол №11 від 20 квітня 2023 р.)

Завідувач кафедри гідроенергетики,  
теплоенергетики та гідравлічних машин



О.А. Рябенко

Програма розглянута та схвалена на засіданні приймальної комісії (протокол № 11 від 25 квітня 2023 р.)

Відповідальний секретар  
приймальної комісії



Р.В. Жомирук