

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Приймальною комісією

Протокол №

2025 р.

Заступник голови Приймальної комісії

Олександр ГУРА

ПОГОДЖЕНО:

Відповідальний секретар Відбіркової
комісії

Олександр ОЛІЙНИК

Гарант освітньої програми

Аліна Єрофеева

**ПРОГРАМА
ФАХОВОГО ЗАЛІКУ
З ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ**

(для осіб, що здобули бакалаврський рівень за іншою спеціальністю)

Освітній ступінь: магістр

Спеціальність: G4 Енерговиробництво

Спеціалізація: G4.02 Теплоенергетика

Освітня програма: Теплоенергетика

ЗМІСТ

I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	3
II. ФОРМА ФАХОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ	3
III. БІЛЕТИ: СТРУКТУРА БІЛЕТУ	3
IV. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ	4
V. СТРУКТУРА ПРОГРАМИ.....	3
VI. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	8

I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Метою проведення фахового заліку для вступу на здобуття освітнього ступеня «магістр» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» зі спеціальності G4 «Енерговиробництво» спеціалізації G4.02 «Теплоенергетика» є визначення достатності фахової підготовки вступника для участі в конкурсному відборі на освітню програму «Теплоенергетика». Залік передбачає оцінювання рівня теоретичних знань і практичних навичок вступників відповідно до стандарту вищої освіти для бакалаврського рівня спеціальності «Енерговиробництво» спеціалізації G4.02 «Теплоенергетика». Оцінювання здійснюється на основі здобутих компетентностей та результатів навчання, набутих у процесі попереднього навчання за іншою спеціальністю.

При організації і проведенні фахового заліку необхідно керуватись нормативними актами:

- Порядок прийому на навчання для здобуття вищої освіти в 2025 році;
- Правила прийому до Запорізького національного університету у 2025 році;
- Положення про фахову атестаційну комісію Запорізького національного університету;
- Програмою вступного фахового заліку зі спеціальності G4 «Енерговиробництво» спеціалізації G4.02 «Теплоенергетика» до Запорізького національного університету.
- Положення про організацію освітнього процесу в Запорізькому національному університеті.

II. ФОРМА ФАХОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

Фаховий залік зі спеціальності G4 «Енерговиробництво» спеціалізації G4.02 «Теплоенергетика» проводиться у формі комп'ютерного іспиту у вигляді тестування відповідно Положення про організацію освітнього процесу з використанням технологій дистанційного навчання в Запорізькому національному університеті, із застосуванням електронної системи навчання «Moodle».

Пройти тестування можна за місцем перебування вступника, або у спеціально обладнаному комп'ютерному класі. Максимальний час для проведення тестування становить три години.

У разі повітряної тривоги під час складання фахового заліку учасники можуть пройти до укриття. Після повітряної тривоги учасники можуть продовжити складання фахового заліку.

Перелік тем для підготовки до фахового заліку зі спеціальності G4 «Енерговиробництво» спеціалізації G4.02 «Теплоенергетика» наведено у розділі V.

III. БІЛЕТИ: СТРУКТУРА БІЛЕТУ

Тестове завдання для кожного вступника включає 50 питань поділених на 2 блоки за рівнем складності. Максимальна сума балів – 200 балів.

Вступнику надається лише одна спроба для вирішення тестового завдання. У випадку, коли вступник відмовляється виконувати тестове завдання, йому виставляється оцінка 0 балів – «не зараховано». Якщо тестування перервано з технічних причин (відключення світла, відсутність або нестійкість Інтернету) вступнику за його заявою надається додаткова спроба.

IV. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Фаховий залік є формою випробування, що передбачає визначення достатності фахової підготовки вступника для участі в конкурсному відборі на здобуття освітнього ступеня магістра. Оцінка за результатами фахового заліку є однозначною і має одну з двох можливих категорій: «зараховано» або «не зараховано».

Оцінювання фахового заліку базується на наступних критеріях:

1. Знання програмного матеріалу: Вступник має продемонструвати здатність до повного та глибокого розуміння основних тем, що входять до програми фахового заліку. Потрібно показати здатність застосовувати набуті знання в контексті практичних завдань, а також здатність до аналізу, порівняння та синтезу матеріалу.

2. Самостійність у виконанні завдань: Вступник має показати вміння самостійно розв'язувати поставлені завдання, виражати власні міркування, формулювати узагальнюючі висновки та підтримувати свої позиції прикладами з вивченого матеріалу.

3. Точність і логічність відповідей: Відповіді мають бути чіткими, логічними та обґрунтованими, без суттєвих помилок у трактуванні понять і термінів, а також з відповідною деталізацією відповідно до складності питання.

4. Знання додаткової літератури та суміжних дисциплін: Вступник має продемонструвати знання не лише основного матеріалу, а й додаткової літератури, а також застосовувати знання з суміжних дисциплін для більш глибокого розуміння теми.

Для особи, яка претендує на зарахування за ступенем магістра (за 200 бальною шкалою):

– Високий рівень (175-200 балів) вступник 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.

– Достатній рівень (150-174 балів) вступник 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.

– Задовільний рівень (124-149 балів) вступник 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.

– Низькій рівень (100-123 балів) вступник отримує, виявивши такі знання та вміння: в загальній формі розбирається у матеріалі, допускає суттєві помилки при висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті.

На основі оцінювання цих критеріїв фаховою атестаційною комісією буде винесена одна з двох можливих оцінок:

– **«Зараховано»** – вступник продемонстрував достатній рівень підготовки, який дає змогу брати участь у конкурсному відборі на здобуття освітнього ступеня «магістр» та набрав 100–200 балів.

– **«Не зараховано»** – вступник не продемонстрував достатнього рівня підготовки для участі в конкурсному відборі й набрав 0–99 балів.

Вступнику надається лише одна спроба для вирішення тестового завдання. У випадку, коли вступник відмовляється виконувати тестове завдання, йому виставляється оцінка 0 балів – «незадовільно». Якщо тестування перервано з технічних причин (відключення світла, відсутність або нестійкість Інтернету) вступнику за його заявою надається додаткова спроба.

V. СТРУКТУРА ПРОГРАМИ ТЕПЛОМАСООБМІН

Основні поняття та визначення. Предмет та основні задачі теорії. Місце цієї дисципліни в підготовці інженера-енергетика. Основні поняття та визначення. Види розповсюдження теплоти: теплопровідність, конвекція та теплове випромінювання. Складний теплообмін. Поняття про масообмін.

Розповсюдження теплоти теплопровідністю. Основний закон теплопровідності (закон Фур'є). Теплопровідність. Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Теплопровідність різних стінок при стаціонарному режимі. Граничні умови першого роду. Визначення теплопередачі через стінки. Граничні умови третього роду. Коефіцієнт теплопередачі. Шляхи інтенсифікації процесу теплопередачі. Правило вибору матеріалу теплоізоляції. Основні відомості про нестаціонарну теплопровідність. Методи розв'язування крайових задач. Регулярний режим охолодження (нагрівання) тіл. Теплопровідність тіл з внутрішніми джерелами теплоти.

Конвективний теплообмін. Фізична суть конвективного теплообміну. Формула Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі. Рівняння енергії руху і нерозривності. Початкові і граничні умови. Методи розв'язування рівнянь конвективного теплообміну. Основи теорії подоби. Гідродинамічна та теплова подоба. Критерії подоби та принципи їх одержання. Критеріальні рівняння конвективного теплообміну. Визначальні та визначаючі критерії подоби. Визначальна температура та визначальний лінійний розмір. Теплообмін при вимушеному русі газу в трубах та каналах. Теплообмін при вимушеному поперечному обтіканні труб. Теплообмін при вільному русі рідини.

Теплообмін випромінюванням. Основні поняття та визначення. Фізика випромінювання, радіаційні властивості. Основні закони теплового випромінювання. Теплообмін випромінюванням між твердими тілами. Захист від теплового випромінювання. Теплове випромінювання газів.

Складний теплообмін. Теплообмінні апарати. Підсумковий коефіцієнт тепловіддачі. Типи теплообмінних апаратів. Теплоносії. Рівняння теплового балансу та теплопередачі. Основні схеми руху теплоносіїв. Середньо арифметичний та середньо логарифмічний напори. Основи теплового розрахунку рекуперативних теплообмінних апаратів. Методи інтенсифікації теплообміну в рекуперативних теплообмінниках. Основи теплового розрахунку рекуперативних теплообмінних апаратів. Методи інтенсифікації теплообміну в рекуперативних теплообмінниках. Теплова ізоляція. Види ізоляції. Основні теплоізоляційні матеріали, їх характеристики та області застосування. Вибір теплоізоляційних матеріалів.

ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА

Основні поняття і визначення. Предмет і метод термодинаміки. Термодинамічні параметри. Параметри стану.

Рівняння стану. Суміш ідеальних газів. Рівняння стану в диференціальній формі. Термічні коефіцієнти. Рівняння стану ідеального газу. Розрахунок густини і питомого об'єму газу. Універсальне рівняння стану ідеального газу. Суміш ідеальних газів.

Перший закон термодинаміки. Еквівалентність теплоти і роботи. Дослід Джоуля. Закон збереження і перетворення енергії. Внутрішня енергія системи. Закон Джоуля. Внутрішня енергія ідеального газу. Робота і теплота. Аналітичні вирази для роботи і теплоти процесу. PV -діаграма. Взаємодія термодинамічної системи з навколишнім середовищем. Аналітичний вираз першого закону термодинаміки. Деякі формулювання першого закону термодинаміки. Ентальпія.

Теплоємність газів. Основні поняття і визначення. Масова, об'ємна і молярна теплоємності ідеального газу. Теплоємність при постійних об'ємах і тиску. Рівняння Майєра. Визначення газу з використання молекулярної і кінетичної теорії газів.

Основні термодинамічні процеси ідеальних газів. Метод дослідження. Процес при постійному об'ємі (ізохорний). Процес при постійному тиску (ізобарний). Процес при постійній температурі (ізотермічний). Процес без теплообміну з навколишнім середовищем (адіабатний). Політропний процес. Дослідження політропних процесів.

Другий закон термодинаміки. Суть другого закону термодинаміки. Зворотні та незворотні процеси. Кругові термодинамічні процеси або цикли. Термічний к.к.д. і холодильний коефіцієнт циклів. Зворотній цикл Карно. Математичний вираз другого закону термодинаміки. Ентропія. Зміна ентропії в зворотних та незворотних процесах.

Витік та дроселювання газу та пари. Рівняння руху. Рівняння першого закону термодинаміки для потоку газу. Розрахована робота газу в потоці. Рівняння нерозривності. Швидкість витоку. Секундні витрати ідеального газу через сопло. Витік газу з посудини безмежної ємності. Основні умови течії ідеального газу по каналах змінного перерізу. Сопло Лавалю. Витік газу з врахуванням тертя. Параметри гальмування.

Вологе повітря. Водяна пара. Короткі відомості про рівновагу. Термодинамічна рівновага при взаємодії системи з навколишнім середовищем.

Умови стійкості і рівноваги в ізольованій однорідній системі. Умови фазової рівноваги. Фазові діаграми. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Термодинамічний аналіз процесів перетворювачів енергії. Задачі зворотних циклів термодинамічного аналізу. Теплові двигуни. Методи порівняння ККД.

Цикли теплових ДВЗ. Цикли газотурбінних установок. Цикли поршневих двигунів внутрішнього згорання. Цикли газотурбінних установок. Цикли реактивних двигунів.

Цикли паросилових установок. Паровий цикл Карно. Цикл Ренкіна. Вплив параметрів пари на величину термічного ККД циклу Ренкіна. Цикл з проміжним перегрівом пари. Регенеративний цикл паротурбінної установки. Бінарні цикли. Термодинамічні основи теплофікації. Цикли парогазових установок. Цикли атомних енергетичних установок. Енергетичні установки з МГД-генератором.

НАСОСИ, ВЕНТИЛЯТОРИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Загальні відомості з технічної механіки рідин. Рівняння нерозривності потоку. Рівняння руху. Гідравлічні опори. Рівняння збереження імпульсу. Циркуляція швидкості. Основні параметри роботи нагнітачів. Подача. Напір. Потужність. ККД нагнітача. Класифікація нагнітачів. Області застосування. Принцип роботи і основи гідростатики лопатних нагнітачів. Кінематика потоку в робочому колесі нагнітача. Рівняння Ейлера для роботи лопатного колеса. Характеристики лопатних нагнітачів. Втрати перед робочим колесом. Втрати на робочому колесі. Втрати за робочим колесом. Подібність лопатних нагнітачів. Універсальні характеристики. Індивідуальні та загальні. Робота нагнітача в мережі. Характеристики мережі. Метод накладання характеристик. Спільна робота нагнітачів. Паралельне та послідовне включення нагнітачів. Змішане включення нагнітачів. Експлуатаційні особливості роботи нагнітачів. Стійкість роботи нагнітачів.

КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Котельні установки та паротурбінні електричні станції. Загальні положення. Властивості робочих тіл. Параметри стану. Газові закони. Теплоємність газів. Поняття про перший та другий закони термодинаміки. Водяний пар та його властивості. Робочі процеси в котельному агрегаті. Теплообмін в котельному агрегаті. Циркуляція води в паровому котлі. Паливо. Поняття про паливо. Елементний склад палива. Теплота згорання палива. Характеристики окремих видів палива. Горіння палива. Тепловий баланс котельного агрегату. Основні характеристики топкового пристрою. Топки для пошарового спалювання палива. Топки з ручним обслуговуванням. Камерні топки. Пилоприготування. Парові та водогрійні котли. Пароперегрівачі. Водяні економайзери та повітропідігрівачі. Пристрої золовловлювання та шлакозоловидалення. Тягодутьові пристрої. Обмуровка котла та теплова ізоляція. Контрольно-вимірювальні пристрої та автоматика котельного агрегату. Трубопроводи та арматура котлоагрегатів. Живильні пристрої. Підготовка води для котлів. Водний режим котельних агрегатів. Методи отримання чистої пари. Подача палива. Організація експлуатації котельного обладнання. Організація та проведення ремонту котельного агрегату.

ТЕПЛОФІКАЦІЯ ТА ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ

Проектно-конструкторські служби для проектування енергетичних установок і систем підприємств. Проекти, їх склад і структура. Проектування систем промислового теплопостачання. Теплове споживання. Режими відпуску теплоти і методи регулювання теплового навантаження. Будівельні і механічні конструкції теплових мереж. Гідравлічний розрахунок теплових мереж. Гідравлічний режим теплових мереж. Тепловий розрахунок теплових мереж. Конструкції та розрахунок на міцність теплових мереж. Розрахунок елементів систем промислового теплопостачання: методика вибору і розрахунку поверхневих теплообмінників і деаераторів. Установки для вироблення теплоти. Районні і промислові котельні. Використання вторинних теплових ресурсів. Математичне забезпечення розрахунків систем теплопостачання. Проектування систем холодопостачання. Проектування газопостачання. Технологія оформлення технічної документації на проєктований об'єкт.

ПАЛИВО ТА ОСНОВИ ТЕОРІЇ ГОРІННЯ

Паливо. Матеріальний і тепловий баланс процесів горіння. Види топочних пристроїв. Тепловий баланс процесу горіння. Визначення надлишку повітря. Горіння газового та рідкого палива. Турбулентне горіння заздалегідь підготовлених сумішей. Дифузійне горіння газів. Пальники промислових агрегатів. Горіння твердих палив. Горіння вугільного пилу.

VI. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Прокопенко В. В. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / В. В. Прокопенко, О. О. Закладний, П. В. Кульбачний. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 400 с.

2. Енергетичний менеджмент та енергоефективність : підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / І. О. Самойленко, О. Г. Гриб, А. О. Запорожець та ін. Харків: ФОП Бровін О. В., 2020. 348 с.

Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/44582>

3. Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств / А. Чернявський, А. Сафьянц, Н. Усенко, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко, Ю. Шишко, А. Гоєнко. За ред. Н. Усенко, А. Чернявського. Київ : Проект «Консультавання підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), 2020. 280 с.

4. Хмельнюк М. Г., Яковлева О. Ю., Остапенко О. В., Бежан В. О. Енергетичний менеджмент і аудит. 1 частина : підручник. 2-ге вид., переробл. і доп. / за ред. М. Г. Хмельнюка. Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. 237 с.

5. 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.

6. 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. 170 с.

7. Обчислювальна техніка та програмування: Алгоритми та їх реалізація. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 144 Теплоенергетика/КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д. В. Філянін. Електронні текстові дані (1 файл: 1,57 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 99 с.

URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47967> (дата звернення 23.06.2022).

8. Чейлитко А. О. Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 144 «Теплоенергетика» денної та заочної форми навчання / Укл.: А. О. Чейлитко. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 146 с.

9. Чернявський А. В., Іншеков Є. М., Соловей О. І., Бориченко О. В., Пертко П. П. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 : навч. посіб. / за ред. Є. М. Іншекова, А. В. Чернявського. Київ : Проєкт UNIDO/GEF «Впровадження стандарту систем енергоменеджменту в промисловості України», 2021. 137 с.

10. Ільїн С. В., Банах В. А., Чейлитко А. О., Лимаренко О. М. Енергоефективні технології будівництва: навчально-методичний посібник для осіб, які проходять перепідготовку та соціальну адаптацію в рамках реалізації проєкту «Норвегія-Україна», UKR-20/002 (NUPASS). Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2021. 106 с.

11. Ільїн С. В. Енергоаудит [Електронний ресурс] : навч.-метод. посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації центру безперервної освіти : навч.-метод. посібник / С. В. Ільїн, А. О. Чейлитко, І. М. Мних ; ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 130 с.

Голова фахової
атестаційної комісії



Віктор КОВАЛЕНКО