

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Приймальною комісією

Протокол № 3

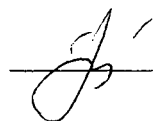
«22» квітня 2024 р.

Заступник голови Приймальної комісії

Юрій КАГАНОВ

ПОГОДЖЕНО:

Відповідальний секретар відбіркової комісії



Марина ТОМЧЕНКО

Гарант освітньо-наукової програми



Михайло ПАЗЮК

**ПРОГРАМА
ФАХОВОГО ІСПИТУ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 144 ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА**

Освітній і науковий ступінь: доктор філософії

Спеціальність: 144 Теплоенергетика

Освітньо-наукова програма: Теплоенергетика

Запоріжжя – 2024 рік

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Мета вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності 144 Теплоенергетика - з'ясувати рівень теоретичних знань та практичних навичок вступників, яких вони набули під час навчання на освітньому ступені / рівні спеціаліста / магістра, з метою формування рейтингового списку та конкурентного відбору здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії зі спеціальності 144 Теплоенергетика в межах ліцензійного обсягу університету.

ФОРМА ФАХОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

Фаховий іспит зі спеціальності проходить в очній або дистанційній формі.

Іспит в очній формі проходить у приміщенні Запорізького національного університету (з дотриманням заходів безпеки в умовах воєнного стану) у два етапи. Письмовий етап – вступники надають відповіді на питання екзаменаційного білету у письмовій формі. Тривалість письмового етапу – до 45 хв. Усний – співбесіда вступника з фаховою атестаційною комісією ЗНУ з питань екзаменаційного білету (до 30 хв).

Іспит у дистанційній формі проходить у два етапи. Підготовчий етап – самостійна підготовка відповідей на питання екзаменаційного білету (до 10 хв.) та основний етап – співбесіда вступника з фаховою атестаційною комісією ЗНУ з питань екзаменаційного білету (до 45 хв.)

Для складання фахового іспиту зі спеціальності у дистанційній формі вступник надає Приймальній комісії ЗНУ один з документів: документ про проживання (перебування) поза межами м. Запоріжжя (витяг з реєстру територіальної громади, довідка ВПО), документ про перебування поза межами України або документ, який підтверджує наявність іншої поважної причини. Рішення про допуск до складання іспиту у дистанційній формі приймається Приймальною комісією.

У разі складання фахового іспиту зі спеціальності у дистанційній формі вступник має забезпечити процедуру ідентифікації особи, яка включає перевірку персональних даних та забезпечення безперебійного технічного оснащення для відеозв'язку з фаховою атестаційною комісією ЗНУ у режимі реального часу.

Проведення фахових іспитів зі спеціальності та презентація дослідницької пропозиції як в очному, так і в дистанційному форматах, підлягають обов'язковому відео- та аудіозапису, який не може бути переданий третім особам.

СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТА

Білет фахового вступного випробування містить 3 теоретичних питання.

ВИМОГИ ДО ВІДПОВІДІ ВСТУПНИКА

У питаннях оцінюється знання вступника з базових фахових дисциплін, що є необхідними для коректного вираження певних понять, а також для розуміння широкого кола теоретичних та практичних завдань, володіння навичками, що є необхідними для професійної діяльності у межах програми.

Правильність виконання завдань оцінюється відповідно до критеріїв оцінювання знань.

Екзаменатор не зобов'язаний читати розв'язання завдань, що наведені вступником в чернетці.

Під час проведення іспиту забороняється використовувати підручники, навчальні посібники, інші джерела інформації (якщо це не передбачено програмою). Також забороняється користуватися мобільними телефонами та іншими засобами зв'язку і передачі даних.

5. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Для особи, яка претендує на зарахування для здобуття ступеня доктора філософії (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.

Низький 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.

До участі у конкурсі не допускається (0-99 балів), якщо вступник виявив такі знання та вміння: не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті.

6. ЗМІСТ ПРОГРАМИ

Навчальна дисципліна №1 Тепломасообмін.

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 нестационарну теплопровідність. Методи розв'язування крайових задач. Регулярний режим охолодження (нагрівання) тіл. Теплопровідність тіл з внутрішніми джерелами теплоти.

Конвективний теплообмін. 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 тепла 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. 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. Середньоарифметичний та середньологарифмічний 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. Основні теплоізоляційні матеріали, їх характеристики та області застосування. Вибір теплоізоляційних матеріалів.

Навчальна дисципліна №2 Технічна термодинаміка.

Суміш ідеальних газів. Рівняння стану в диференціальній формі. Термічні коефіцієнти. Рівняння стану ідеального газу. Універсальне рівняння стану ідеального газу. Суміш ідеальних газів.

Перший закон термодинаміки. Еквівалентність теплоти і роботи. Закон збереження і перетворення енергії. Внутрішня енергія системи. Закон Джоуля.

Внутрішня енергія ідеального газу. Взаємодія термодинамічної системи з навколишнім середовищем. Ентальпія та ексергія: визначення та застосування.

Масова, об'ємна і молярна теплоємності ідеального газу. Теплоємність при постійних об'ємах і тиску. Рівняння Майєра. Визначення газу з використанням молекулярної і кінетичної теорії газів. Основні термодинамічні процеси ідеальних газів. Політропний процес.

Другий закон термодинаміки. Зворотні та незворотні процеси. Кругові термодинамічні процеси або цикли. Термічний к.к.д. і холодильний коефіцієнт. 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. Секундні витрати ідеального газу через сопло. Витік газу з посудини безмежної ємності. Основні умови течії ідеального газу по каналам 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. Термодинамічні основи теплофікації. Цикли парогазових установок. Цикли атомних енергетичних установок. Енергетичні установки з МГД-генератором.

Навчальна дисципліна №3 «Насоси, вентилятори та обладнання»

Рівняння нерозривності потоку. Рівняння руху. Гідрравлічні опори. Рівняння збереження імпульсу. Основні параметри роботи нагнітачів. Класифікація нагнітачів. 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. Подібність лопатевих нагнітачів. Робота нагнітача в мережі. Спільна робота нагнітачів. Паралельне та послідовне включення нагнітачів. Змішане включення нагнітачів. Експлуатаційні особливості роботи нагнітачів. Стійкість роботи нагнітачів.

Навчальна дисципліна №4 «Котельні установки промислових підприємств»

Котельні установки та паротурбінні електричні станції. Властивості робочих тіл. Циркуляція води в паровому котлі. Тепловий баланс котельного агрегату.

Основні характеристики топкового пристрою. Топки для пошарового спалювання палива. Топки з ручним обслуговуванням. Камерні топки. Пилоприготування. Пристрої золовловлювання та шлакозоловидалення. Обмуровка котла та теплової ізоляція. Контрольно-вимірювальні пристрої та автоматика котельного агрегату. Трубопроводи та арматура котлоагрегатів. Підготовка води для котлів. Водний режим котельних агрегатів. Методи отримання чистої пари. Організація експлуатації котельного обладнання. Організація та проведення ремонту котельного агрегату

Навчальна дисципліна №5 «Теплофікація та теплові мережі»

Проектно-конструкторські служби для проектування енергетичних установок і систем підприємств. Проекти, їх склад і структура. Проектування систем промислового теплопостачання. 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.

Навчальна дисципліна №6 «Паливо та основи теорії горіння»

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.

7. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Бердишев М.Ю. Низькопотенційні та альтернативні джерела енергії. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА Енергетичного напрямку всіх форм навчання/ Бердишев М.Ю, Чейлитко А.О., Назаренко О.М. Запоріжжя: ЗДІА, 2015. – 270 с.

Чейлитко А.О. Проектування та оптимізація систем теплопостачання: навчально–методичний посібник для студентів ЗДІА напрямку 144 “Теплоенергетика” денної і заочної форми навчання / ЗДІА; А.О.Чейлитко – Запоріжжя. : ЗДІА, 2016. – 200 с.

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.

4. Банах В. А., Чейлитко А. О., Ільїн С. В., Гладішева Т. В. Інформаційні технології гідроелектростанцій. Запоріжжя: ЗНУ, 2021. 158 с..

5. 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.

6. Барсук Р. В. Системний аналіз у тепlopостачанні з трубчастими газовими нагрівачами : навчальний посібник / Р. В. Барсук, Т. В. Данилова, В. В. Данішевський, В. Ф. Іродов, В. В. Ткачова, Д. Є. Шаптала, Г. Я. Чорноморець. – Дніпро : ДВНЗ «ПДАБА», 2017. –92 с.

7. Іродов В. Ф. Теплогенеруючі установки та їх математичне моделювання : навчальний посібник / В. Ф. Іродов, В. В. Ткачова, Г. Я. Чорноморець. – Дніпропетровськ : Будинок друку, 2015. –80 с.

8. Чейлитко А.О., Ільїн С.В., Чижов С.Є., Кірюшков В.О., Сидоренко О.В. Основи наукових досліджень в теплоенергетиці: навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 107 с.

9. 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.

10. 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.

11. Чейлитко А.О. Використання вторинних енергоресурсів: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА напряму 6.050601 “Теплоенергетика” денної і заочної форми навчання. Запоріжжя: ЗДІА, 2014. 246 с.

Додаткова

1. Банах А.В. Прикладні моделі формоутворення об'єктів інженерного захисту міських територій: монографія / А.В. Банах, А. О. Чейлитко, С.В. Ільїн, А.В. Черненко. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 133 с.

2. Чейлитко А.О. Інформаційні технології в промисловості: монографія / С.В. Ільїн, А. О. Чейлитко, О.І. Федченко, С.Ю. Головка. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 134 с.

3. Ільїн С.В., Банах В.А., Чейлитко А.О., Лимаренко О.М. Енергоефективні технології будівництва : навчально-методичний посібник для

проекту «Норвегія-Україна», UKR-20/002 (NUPASS). Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 106 с.

4. Ільїн С. В. Чейлитко А. О. Кушнір С. М. Черненко Т. В. Енергетична ефективність будівель та інженерних систем: монографія. Запоріжжя: Видавничий дім "Гельветика", 2021. 180 с.

Інформаційні ресурси

1. Сайт наукової бібліотеки ЗНУ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://library.znu.edu.ua/> (дата звернення 22.10.2019) – Назва з екрана.

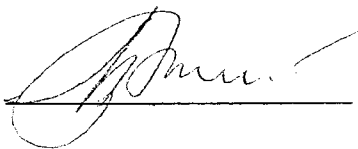
2. Головна сторінка програмного продукту SolidWorks [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу <https://www.solidworks.com/ru> (дата звернення 10.01.2021) – Назва з екрана.

3. 3D Solid Modelling Videos : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу <https://nisheeth-inventortalks.blogspot.com/> (дата звернення 10.01.2021) – Назва з екрана.

4. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). URL: <http://www.nerc.gov.ua/?id=15030>

Навчально-консультаційний центр Академії АНПІ. URL: <https://academy.rasep.ru/dopy/43-strategiya-ispolzovaniya-indeksov-tsitirovaniya/indeksy-tsitirovaniya-web-of-science/154-kratkoe-rukovodstvo-po-endnote-web-rus> (дата звернення: 29.11.2020).

Голова фахової
атестаційної комісії



Михайло ПАЗІЮК