

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ

«Затверджую»

Директор Інституту технічної
теплофізики НАН України
академік НАН України



 Юрій ШЧЕЖКІН

ПРОГРАМА

вступного випробування для прийому на навчання за Освітньо-науковою
програмою «**Теплоенергетика**» підготовки **доктора філософії** на основі раніше
здобутого ступеня **магістра (спеціаліста)**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 14 Електрична інженерія
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 144 Теплоенергетика

Київ – 2024

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ

Зміст

1. Загальні відомості
2. Теми навчального матеріалу, що виносяться на вступне випробування
3. Навчально-методичні матеріали
4. Рейтингова система оцінювання рівня підготовки вступників
5. Приклад екзаменаційного білету

1. Загальні відомості

Вступне випробування на навчання за Освітньо-науковою програмою «Теплоенергетика» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика» приймається предметною комісією. Мета вступного випробування – оцінка базових теоретичних та практичних знань вступника до аспірантури, їх використання при дослідженнях та вирішенні конкретних наукових, науково-технічних задач, а також визначення ступеню підготовки вступників до подальшої самостійної наукової роботи.

Освітньо-наукова програма «Теплоенергетика» відповідає основним науковим напрямам науково-технічної діяльності Інституту технічної теплофізики НАН України.

Вступне випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту, його тривалість складає 2 академічні години (90 хвилин). Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань, що беруться з різних розділів цієї Програми. При відповіді на них вступник до аспірантури повинен продемонструвати рівень фундаментальної підготовки, який дозволить йому успішно опанувати Освітньо-науковий рівень вищої освіти.

Форма проведення фахового вступного випробування – усна. Необхідні для вичерпної відповіді на питання записи виконуються на папері зі штампом університету. На кожному листі вступник до аспірантури вказує номер білета фахового вступного випробування. Листи нумеруються, заповнюються з обох сторін.

За підсумками іспиту виставляється диференційована оцінка, в якій враховується якість відповідей на екзаменаційні питання, що містяться в білеті.

2. Теми навчального матеріалу, що виносяться на вступне випробування

2.1. Гідрогазодинаміка

Сили й напруження, що діють в суцільних середовищах. Фізичні властивості, термодинамічні та гідромеханічні моделі рідин і газів.

Методи вивчення руху, кінематичні поняття й характеристики руху рідких частинок і потоків.

Кінематичні методи й поняття при вивченні руху рідин і газів. Модель руху рідкої частинки. Теорема Коші-Гельмгольца Кінематичні теореми – Стокса та друга Гельмгольца.

Тензор напружень та рівняння руху рідини в напруженнях. Закони збереження моменту імпульсу та енергії. Основи газостатики.

Рівняння руху ідеальної рідини, початкові й крайові умови, основні інтеграли. Модель ідеальної рідини. Диференціальні рівняння руху ідеальної рідини Л. Ейлера; початкові та крайові умови. Застосування законів збереження щодо одновимірних рухів нестисливої рідини.

Енергетичний баланс одновимірних течій. Гідравлічні опори. Витікання нестисливої рідини. Гідравлічний удар.

Кінематика потенціальних течій. Динаміка потенціальних течій.

Диференційні рівняння руху Нав'є–Стокса та елементи теорії подібності й моделювання гідро- газодинамічних явищ. Ламінарна та турбулентна течії.

Основні характеристики примежового шару, його види, фізичні та математичні моделі. Одновимірні течії газу. Стрибки ущільнення.

2.2. Технічна термодинаміка

Основні визначення і поняття технічної термодинаміки. Термічні параметри стану. Основні термодинамічні процеси. Закони ідеального газу. Рівняння стану для ідеального газу. Калоричні параметри стану. Параметри процесу.

Перший закон термодинаміки для закритих систем. Дві форми запису першого закону термодинаміки. Теплоємність. Визначення теплоємності за молекулярно-кінетичною теорією та за допомогою таблиць. Теплоємність суміші газів.

Формулювання другого закону термодинаміки. Цикл Карно. Теореми Карно. Ентропія і другий закон. Ентропія і термодинамічна вірогідність. Основна

термодинамічна тотожність – об'єднання першого і другого законів термодинаміки.

Основні математичні методи. Рівняння Максвелла. Частинні похідні внутрішньої енергії та ентальпії. Диференціальні рівняння для теплоємності.

Алгоритм аналізу будь-якого термодинамічного процесу. Ізохорний процес. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Адіабатний процес. Політропний процес і його узагальнююче значення. Основні групи термодинамічних процесів.

Загальні властивості реальних газів. Таблиці і діаграми для газів і рідин. Термодинамічні процеси з реальними газами. Поняття про вологе повітря. Характеристики вологого повітря. Діаграма вологого повітря. Розрахунки процесів у вологому повітрі. Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Витікання газів і пари. Дроселювання газів і пари. Нагнітання газів і пари. Ежектування.

Класифікація циклів теплових машин. Простий ідеальний цикл ТСУ. Реальний простий цикл ТСУ. Цикли ДВЗ і реактивних двигунів. Цикли ГТУ і методи підвищення їх ефективності. Простий паросиловий цикл. Удосконалення циклів ПСУ. Термодинамічні основи теплофікації.

Загальні відомості про холодильні та тепло насосні установки. Цикли повітряної та парокомпресійної холодильних установок. Теплонасосні установки.

Ексергія – міра якості енергоресурсів. Вплив необоротностей на втрати ексергії.

2.3. Тепломасообмін

Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор щільності теплового потоку. Закон Фур'є і коефіцієнт теплопровідності. Диференційні рівняння теплопровідності і його окремі випадки. Математичний опис процесу теплопровідності. Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі.

Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі. Теплопровідність та теплопередача плоскої та багат шарової плоскої стінки.

Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти.

Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі. Плоска стінка. Критичний діаметр циліндричної стінки. Вибір матеріалу ізоляції. Інтенсифікація теплообміну за рахунок ребрення.

Теплопровідність при нестаціонарному тепловому режимі. Нестаціонарна теплопровідність пластини і циліндру без внутрішніх джерел тепла.

Фізичні основи процесу теплопередачі. Конвективний теплообмін. Математичний опис процесів конвективного теплообміну.

Основи теорії подібності фізичних явищ. Теореми подібності. Фізичний зміст чисел подібності. Використання теорії подібності при описанні явища тепловіддачі. Рівняння подібності.

Основи теорії пограничного шару. Методи теорії пограничного шару. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл. Тепловіддача при течії на пластині. Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах. Тепловіддача при поперечному обтіканні циліндру. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні пучків гладких труб. Тепловіддача при вільній конвекції. Тепловіддача при вільній конвекції в необмеженому просторі. Тепловіддача при вільній конвекції в обмеженому просторі.

Теплообмін при кипінні. Внутрішні характеристики кипіння. Інтенсивність теплообміну при кипінні у великому об'ємі. Інтенсивність тепловіддачі при кипінні.

Теплообмін при конденсації. Особливості течії та теплообміну при конденсації на поверхні.

Інтенсивність тепловіддачі при конденсації.

Теплообмін випромінюванням. Закони теплового випромінювання. Теплообмін випромінюванням між тілами. Теплообмін в поглинаючих і випромінюючих середовищах.

2.4. Енерго- і ресурсозбереження в енергетиці

Основні стратегічні завдання в сфері енергетичної безпеки. Основні напрямки та потенціал енергозбереження. Державне управління та регулювання в сфері енергозбереження. Управління енергоефективністю на рівні підприємства. Утилізація тепла – один з найважливіших науково-технічних і організаційнотехнологічних заходів з енергозбереження.

Теплообмінні апарати, їх класифікація та основні теплотехнічні характеристики. Основи теплового розрахунку рекуперативних теплообмінників. Особливості теплового розрахунку регенераторів. Основи теплового розрахунку контактних теплообмінників. Особливості конденсаційного режиму роботи теплоутилізаторів. Теплообмінники з проміжним теплоносієм. Основи теорії теплообмінників на основі високоефективних теплопередаючих елементів – теплових труб. Гідро- і аеромеханічні розрахунки теплообмінних апаратів.

Основні вимоги до розробки, виготовлення та експлуатації теплоутилізаторів.

Основні загальні вимоги до теплоутилізаційних систем. Теплоутилізаториводопідігрівачі. Теплоутилізатори-повітропідігрівачі. Теплоутилізатори на теплових трубах. Застосування теплових насосів для утилізації низькопотенційної теплоти. Сучасний стан і шляхи удосконалення теплоенергетичних технологій.

Характеристики енергозберігаючого ефекту. Визначення економічної ефективності від впровадження енергозберігаючих заходів.

2.5. Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження

2.5.1. Котельні установки.

Основи розрахунків котлів. Матеріальний і тепловий баланс котлів. Загальне рівняння горіння. Загальне рівняння теплового балансу. Корисне тепло. Втрати тепла та їх визначення. Система ККД котлів. Спалювання палива у котлах. Вимоги до процесу палення. Особливості спалювання газу та газопальничні пристрої. Особливості спалювання мазуту та мазутні форсунки. Пристрої для спалювання твердого палива (шарові та пиловугільні печі). Методи заглушування

виникнення окислів азоту у паливних пристроях. Очищення димових газів та їх розпорошення в атмосфері.

2.5.2. Випарювальні установки.

Розчини і процеси випарювання. Схема рекуперативного випарювання. Методи випарювання у апаратах з поглиненими пальниками, вакуумних випарників та пінних апаратах. Розрахунок і проектування багатоступневих випарювальних установок. Вибір оптимального числа ступенів. Використання ЕОМ у розрахунку випарювальних станцій. Процеси тепло- і масообміну у сушильних установках. Особливості внутрішнього і зовнішнього переносу тепла та маси при різноманітних засобах нагрівання вологих матеріалів. Типи сушильних установок і методи їх розрахунку.

2.5.3. Холодильні установки і теплові насоси.

Холодоагенти і холодоносії. Засоби і рівні одержання штучного холоду. Принципові схеми компресійних, абсорбційних та пароежекторних холодильних установок. Їх економічні, енергетичні та експлуатаційні характеристики. Трансформатори тепла, їх типи і призначення. Методи розрахунку елементів устаткування. Теплові насоси. Теоретичні основи, типи і обладнання теплових насосів. Низькопотенційні джерела теплоти для теплових насосів. Особливості використання низькотемпературних джерел енергії в теплонасосних системах теплопостачання. Теплонасосні системи теплопостачання. Теплонасосні системи теплопостачання з використанням сонячної енергії. Теплові насоси в промислових технологіях.

2.5.4. Газотурбінні установки (ГТУ).

Конструкції та основні види газових турбін. ПГУ – парогазові установки (бінарні та з дожигом палива у котлах-утилізаторах), газопарові установки (ГПУ). Теплові схеми та характеристики газотурбінних, парогазових і газопарових установок та їх розрахунки. Особливості відпуску тепла від ГТУ, ПГУ та ГПУ.

2.5.5. Теплофікація і теплові мережі.

Системи централізованого теплопостачання промислових підприємств та районів. Схеми джерел тепла і систем теплопостачання. Режими регулювання

централізованого теплопостачання. Коефіцієнт теплофікації та режим відбору турбін. Сумісна робота ТЕЦ та пікових котельних. Акумуляторні установки. Захист систем теплопостачання від корозії, шламу і накипу. Методи оптимізації систем теплопостачання. Визначення щорічних витрат на паливо. Визначення розрахункових витрат на тепло. Визначення розрахункових витрат та експлуатаційних витрат.

2.5.6. Енергогосподарство та енергопостачання промислових підприємств.

Характеристика енергогосподарства та систем енергопостачання промислових підприємств. Методи використання вторинних енергоресурсів і оцінка їх ефективності. Вибір системи енергопостачання.

2.5.7. Відновлювальні джерела енергії.

Джерела енергії. Нетрадиційні (НДЕ), відновлювані (ВДЕ) джерела енергії. Безпосереднє використання теплоти довкілля. Використання теплоти кристалізації води та льоду. Сонячна енергія та її використання. Вітрова енергія та її використання. Енергія ґрунту, повітря, ґрунтових та поверхневих вод, відходів виробництва (вторинних енергоресурсів), води після конденсаторів турбін. Біомаса та її використання. Геотермальна енергія та її використання. Гідроенергія. Типи гідроелектростанцій. Приливи та відливи, їх природа. Агрегати для приливних ЕС. Енергія хвиль та її використання. Теплова енергія морів та океанів та її використання при наявності різниці температур по глибині. Акумулявання енергії, як необхідна складова частина використання НДЕ.

2.6. Теплові електричні станції та установки

2.6.1. Типи та класифікація електростанцій.

Споживачі енергії ТЕС та АЕС як промислові підприємства. Особливості енергетичної галузі промисловості. Типи та класифікація електростанцій. Енергетичні системи. Модель енергетичного ринку України. Нерівномірність споживання електричної та теплової енергії. Графіки теплового та електричного навантаження. Паливно енергетичні ресурси. Технологічні схеми паротурбінних електростанцій, їх термодинамічні цикли.

2.6.2. Теплова економічність та енергетичні показники електростанцій

Термодинамічні основи роботи ТЕС і АЕС. Енергетичні показники роботи електростанцій. Принципові теплові схеми ТЕС. Питомі показники КЕС. Витрати електроенергії на власні потреби. Особливості розрахунку теплової економічності ТЕЦ. Принципові теплові схеми ТЕЦ різного призначення та початкових параметрів пари. Оцінка та аналіз показників теплової економічності АЕС різного типу, схеми, розрахунки.

2.6.3. Способи підвищення теплової економічності паротурбінних електростанцій

Вплив кінцевих та початкових параметрів пари ТЕС та АЕС на надійність та економічність роботи. Проміжний перегрів пари, термодинамічні основи та реалізація. Вибір параметрів проміжного перегріву на КЕС та ТЕЦ. Допустима вологість на останніх ступенях турбін. Сепарація пари. Регенеративний підігрів живильної води на ТЕС та АЕС, термодинамічні основи. Вибір оптимальної температури живильної води, кількості та параметрів відборів пари. Розподіл підігріву води за ступенями регенерації. Вибір типу регенеративних підігрівачів живильної води та конденсату. Способи та схеми зливу дренажу поверхневих регенеративних підігрівачів. Виносні та вбудовані охолоджувачі пари та дренажу. Підвищення економічності діючих електростанцій шляхом розширення надбудовою та прибудовою.

2.6.4. Баланси пари та води в контурах ТЕС та АЕС.

Способи утилізації втрат пари та конденсату. Втрати пари та конденсату на ТЕС та АЕС. Вплив збитків води та пари на економічність роботи електростанцій. Способи підготовки додаткової води. Теплові та соляні баланси. Випарні установки ТЕС, типи, конструкції, варіанти ввімкнення в теплові схеми ТЕС і АЕС. Багатоступеневі випарювальні установки. Схеми продувки котлів та випарних установок ТЕС. Обробка води на АЕС різного типу. Баланси пари та води на АЕС.

2.6.5. Деаерація води на ТЕС та АЕС

Фізико-хімічні основи деаерації води. Хімічні та термічні методи виділення кисню з живильної води ТЕС. Змішувач підігрівач деаератор.

Функції деаераторів в теплових схемах ТЕС та АЕС. Включення деаераторів в теплові схеми електростанцій. Нейтрально-кисневий водно-хімічний режим на ТЕС. Бездеаераторні теплові схеми.

2.6.6. Живильні установки, трубопроводи та арматура електростанцій

Живильні установки ТЕС та АЕС. Типи живильних насосів. Схеми включення турбоприводів, одно- та двопідйомні схеми вмикання живильних насосів в теплові схеми. Особливості живильних насосів АЕС. Головні циркуляційні насоси АЕС. Трубопроводи електростанцій, вимоги, характеристики, категорії. Арматура електростанцій: запірна, регулююча та запобіжна.

2.6.7. Комбінований виробіток електроенергії та теплоти Комбінована генерація тепла і електроенергії.. Оцінка теплової економічності ТЕЦ. Відпуск пари промисловим споживачам тепла від ТЕЦ. Відпуск пари з протитиску турбін типу Р. Відпуск промислової пари за допомогою РОУ. Відпуск технологічної пари з промислового відбору турбін типу ПТ. Відпуск промислової пари за допомогою термокомпресорів. Закрита схема відпуску промислової пари. Відпуск гарячої води з ТЕЦ. Теплофікаційні установки ТЕЦ. Багатоступеневий підігрів мережної води і його теплова ефективність.

2.6.8. Компоновка головних корпусів та генеральних планів ТЕС та АЕС

Технічні та економічні вимоги до компоновки ГК. Варіанти компоновок. Вибір площі будівництва електростанції. Генеральні плани ТЕС, ТЕЦ, АЕС. Питомі показники генплану. Технічні вимоги компонування головних корпусів. Особливості компоновок головних корпусів АЕС.

2.6.9. Прогресивні методи отримання енергії та перспективи розвитку енергетики

Газотурбінні електростанції. Цикл Брайтона. Промислові газотурбінні установки. Комбіновані парогазові установки. ПГУ з витісненням регенерації, з низько- та високо-напорними парогенераторами, з котлом-утилізатором. Способи прямої конверсії хімічної енергії палива в електричну. МГД установка як високотемпературна надбудова традиційної ТЕС. Органічний цикл Ренкіна.

Сфери застосування ORC установок. Вибір теплових носіїв для установок органічного циклу Ренкіна.

2.7. Енергетичний менеджмент та інжиніринг

Основні характеристики та особливості підготовки та спалювання твердого, рідкого та газоподібного палива.

Котли та котельні установки. Втрати теплоти та тепловий баланс.

Поршневі двигуни внутрішнього згорання.

Парогазові установки з роздільними та змішаними робочими тілами. Теплообмінники, їх класифікація за принципом дії і конструктивними особливостями. Методика проектного та перевірного розрахунку рекуперативного теплообмінного апарата.

Гідравлічний та тепловий розрахунок рекуперативного теплообмінника.

Повітряна та парокомпресійна холодильна установка. Загальна характеристика систем тепlopостачання та споживачів теплоти. Визначення витрати теплоти на опалення, на вентиляцію, на гаряче водопостачання. Способи перетворення сонячної енергії в електричну.

Характеристика біомаси. Технології отримання твердих, рідких та газоподібних палив з біомаси.

Вітроенергетичний потенціал України. Вітроенергетичні установки та їх характеристики.

Геотермальні ресурси. Основні схеми геотермального тепlopостачання.

Мала гідроенергетика.

Природні та техногенні джерела низько потенціальної теплоти.

Властивості водню як палива. Технології отримання водню. Способи зберігання водню.

Паливні елементи.

Електричні мережі. Класифікація електричних мереж.

Шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу.

Характеристика технічних засобів регулювання напруги в розподільчих мережах.

Показники якості електричної енергії.

Втрати електроенергії при передачі та споживанні.

Напрями та завдання енергетичного менеджменту. Науково-методичне забезпечення.

Засоби обліку та контролю енергоспоживання.

Визначення та види енергетичного аудиту. Загальний підхід при проведенні енергоаудиту.

Енергетичний аудит. Основні методи.

Оцінка та моніторинг споживання енергії.

Основні напрямки енергозберігаючої політики. Ефективність енергозберігаючих заходів.

Економічні проблеми енергетики. Енергетика як природна монополія.

Методи формування цін і тарифів на паливо та енергію.

Техніко-економічні розрахунки енергетичних систем та комплексів. Ціни та кінцеві витрати на паливно-енергетичні ресурси.

Математичний апарат системних досліджень в енергетиці.

Властивості систем енергетики. Властивості неповноти інформації при вивченні систем енергетики.

Технологічні заходи з реалізації технічного потенціалу енергозбереження. Система технічних та організаційних заходів з енергозбереження.

Моделі оптимізації технологічних систем паливно-енергетичного комплексу. Паливно-енергетичний баланс (ПЕБ). Види ПЕБ та їх структура.

3. Навчально-методичні матеріали

Основна література

1. Гідрогазодинаміка. Монографія. Василенко С.М., Кулінченко В.Р., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. – К.: Кондор-Видавництво, 2016. – 676 с. ISBN 978-617-7278-58-9

2. Ярхо А. А., Щасливий Є. Є., Лялюк В. М. Гідрогазодинаміка. Навчальний посібник. - Харків: УкрДАЗТ. - Ч.1. - 2008. 237с.
3. Ярхо А. А., Щасливий Є. Є., Лялюк В. М. Гідрогазодинаміка. Навчальний посібник. - Харків: УкрДАЗТ. - Ч.2. - 2007. 132с.
4. В.М. Мінаковський, А.С. Соломаха. Технічна термодинаміка. Приклади, задачі та типові розрахунки. Частина перша. За заг. ред. В.М.Мінаковського. Навчальний посібник. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 172 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21545>
5. Куделя П.П., Трокоз Я.Є. Текст лекцій з дисципліни «Технічна термодинаміка» в двох частинах. [Електронний ресурс]. НТУУ «КПІ», Київ 2015 р.
6. Куделя П.П. Методи термодинамічного аналізу установок та систем. – Київ, 2010. Свідоцтво про надання грифа електронному виданню НМУ № Е9/10-150, протокол №5 від 21.01.2010. – 127 с.
7. Константінов С.М. Теплообмін: Підручник. - К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005. - 304 с.
8. Приходько М.А., Герасимов Г.Г. Термодинаміка та теплопередача. Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2008.- 250 с
9. Лабай В. Й. Тепломасообмін : Підручник для ВНЗ. – Львів: Тріада Плюс, 2004. – 260 с.
10. Чепурний М. М. Тепломасообмін в прикладах і задачах : навчальний посібник / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 128 с.
11. Омельченко О.В., Цвіркун Л.О. Тепломасообмін : навч. посіб. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2021. 100 с.
12. Тепломасообмін. Частина I : навчальний посібник / О. Ю. Співак, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 113 с.
13. Атомні і теплові електричні станції: Курс лекцій [Електронний ресурс] / О. Ю. Черноусенко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 323 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 31.01.2020 р.) за

поданням Вченої ради теплоенергетичного факультету (протокол № 7 від 27.01.2020 р.)

14. Основи теплової енергетики: конспект лекцій [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А. В. Борисенко, В. А. Пешко. – Електронні текстові дані (1 файл: 41,9 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 149 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 13.05.2021) за поданням Вченої ради Теплоенергетичного факультету (протокол № 11 від 26.04.2021).

15. Теплові та атомні електростанції і установки: навчальний посібник / М.С. Бондаренко, О.С. Єлеонська. – Миколаїв: Видавництво НУК, 2022. – 131 с.

16. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник/ В.В.Прокопенко, О.М.Закладний, П.В.Кульбачний. – Київ.: Освіта України, 2008. – 438 с.

17. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І.Соловей, В.П.Розен, Ю.Г.Лега, О.О.Ситник, А.В.Чернявський, Г.В.Курбака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.

Додаткова література

18. Низькоексергетичні опалювальні системи / П.П.Куделя, А.С. Соломаха. – К.:НТУУ «КПІ», 2015. – 153 с.: іл. – Бібліогр.: с.149-153

19. Куделя П.П., Соломаха А.С. Енергетичні та ексергетичні підходи до проблеми раціонального використання енергії. Навчальний посібник. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 4 від 07.04.2022 р.), 2022, 158 с.

20. Буляндра, О. Ф. Технічна термодинаміка : підруч. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів / О. Ф. Буляндра. – К.: Техніка, 2001. – 320 с.: іл. – Бібліогр.: с. 315.

21. Практикум з тепломасообміну. Стаціонарна теплопровідність без внутрішніх джерел теплоти [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітнього ступеня «бакалавр». / Укладач:

І.Е. Фуртат, Н.О. Притула; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,8 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 53 с.

22. Збірник задач з тепломасообміну : навчальний посібник /А.Ю. Дреус, К.Є. Лисенко, В.О. Сясев. – Д., 2016. – 124 с.

23. Теплові електростанції і проблеми перетворення енергії. Частина 1: навчальний посібник / Гічов Ю. О. – Дніпро: НМетАУ, 2017 – 59 с.

24. Теплові електростанції і проблеми перетворення енергії. Частина 2: навчальний посібник / Гічов Ю. О. – Дніпро: НМетАУ, 2017 – 59 с.

25. Атомні електричні станції: Підручник для Вузів / М. В. Топольницький. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2005. – 524 с.

26. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник / Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А. – Київ: ІВЦ “Видавництво «Політехніка””, 2003. – 232 с. – ISBN 966–622–128–4.

27. В.П. Гальчак, В.М. Боярчук. Альтернативні джерела енергії. Енергія сонця: Навчальний посібник. – Львів, 2008. – 135с.

28. Боженко М.Ф., Сало В.П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти. – К.: ”Політехніка”, 2004. – 192 с.

29. Дешко В.І., Хоренженко Ю.В., Шовкалюк М.М.. Розрахунок технікоекономічних та екологічних показників котелень. – К.: ТУУ “КПІ”, ”Політехніка”, 2006. – 80 с.

30. Соловей О.І., Лега Ю.Г., Розен В.П., Ситник О.О., Чернявський А.В., Курбака Г.В. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії / Навчальний посібник. – Ч.: ЧДТУ, 2007. – 483 с.

4. Рейтингова система оцінювання рівня підготовки вступників

Рейтинг (чисельний еквівалент оцінки з вступного випробування Φ) враховує рівень знань і умінь, які вступник виявив при виконанні вступного випробування. Кількість балів, набраних на іспиті (Φ), формується як середньоарифметична сума балів, нарахованих вступнику за виконання кожного завдання комплексного вступного випробування. Теоретичне питання відповідно

до програми вступних випробувань передбачає змістовне і обґрунтоване розкриття поставленого завдання. Загалом білет містить три завдання, які обираються вступником за сліпим жеребом.

Оцінювання кожного завдання виконується за рейтинговою системою згідно таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахунок оцінки виконання кожного завдання комплексного фахового випробування

Кількість рейтингових балів, шкала ECTS, бали	Характер виконання завдання
А, відмінно, 95-100	Вступник змістовно і обґрунтовано розкрив теоретичне питання (не менше 95% потрібної інформації). Допускається одне незначне виправлення.
В, дуже добре, 85-94	Вступник змістовно розкрив теоретичне питання, але обґрунтування виконано недостатньо (не менше 85% потрібної інформації). Допускається два незначних виправлення.
С, добре, 75-84	Вступник змістовно розкрив теоретичне питання (не менше 75% потрібної інформації). Допускається три незначних виправлення.
Д, задовільно, 65-74	Вступник розкрив теоретичне питання (не менше 65% потрібної інформації). Допускається чотири незначних виправлення.
Е, достатньо, 60-64	Вступник розкрив теоретичне питання, але недостатньо (не менше 60% потрібної інформації). Допускається п'ять незначних виправлень
FX, незадовільно, 59 і нижче	Вступник не розкрив теоретичне питання (менше 60 % потрібної інформації), чи надав відповідь, яка не відповідає сутності завдання. Кількість виправлень – більше п'яти.

При виконанні вимог, наведених в колонці “Характер виконання завдання”, вступник має змогу отримати максимальну кількість балів з діапазону, вказаного в тому ж рядку в колонці «Кількість балів», за умови відсутності штрафних балів. Штрафні бали можуть нараховуватись за наступне:

- порушення логічної послідовності викладення матеріалу 2...5 штрафних балів;

- окремі, дещо нечіткі формулювання, які допускають неоднозначні тлумачення 3 штрафний бал за кожне таке формулювання;

- порушення масштабу при зображеннях залежностей на графіках, відсутність позначень величин на осях графіків 1 штрафний бал за кожний з вказаних недоліків; стилістичні та граматичні помилки 1 штрафний бал за кожну з помилок;

- неохайно написаний текст відповіді зі значною кількістю виправлень, що суттєво ускладнює сприйняття відповіді 2...5 штрафних балів.

Загальний показник Φ визначається, як середньоарифметичне значення балів, нарахованих вступнику за окремі завдання вступного випробування. Для випробування, яке складається із 3-х завдань: $\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) / 3$.

5. Приклад екзаменаційного білету

Форма зразку

Національна академія наук
Інститут технічної теплофізики

Освітній рівень доктор філософії
Спеціальність 144 Теплоенергетика
Навчальна дисципліна Вступний іспит
Екзаменаційний білет №__

1. Питання 1.
2. Питання 2.
3. Питання 3.