

Міністерство освіти і науки України

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра суднового машинобудування
та енергетики



ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора
Херсонського ННІ НУК
з навчальної роботи
к.т.н., професор Дудченко О.М.

ПРОГРАМА

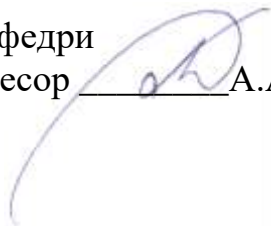
кваліфікаційної атестації у формі екзамену
з теоретичних основ теплотехніки

із спеціальності 135 «Суднобудування»

освітньо-професійна програма
«Суднові енергетичні установки та устаткування»

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Розглянута на засіданні
кафедри суднового машинобудування
та енергетики ХННІ НУК
протокол № 03 від "27" 10 2023 р.

Завідувач кафедри
к.т.н., професор  А.А. Андреев

Херсон 2023

ЗМІСТ

ЗМІСТ	2
ВСТУП	3
1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ	3
2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ	5
3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ	5
4. ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ	7
5. СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ БІЛЕТІВ	13
6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ	13
7. КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВОЇ ОЦІНКИ	14
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	15
ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ БІЛЕТИ	19

ВСТУП

Кваліфікаційна атестація у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки є однією із форм атестації для бакалаврів із спеціальності 135 «Суднобудування», освітньо-професійної програми) «Суднові енергетичні установки та устаткування».

Кваліфікаційна атестація у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки має на меті встановити рівень професійних знань і вмінь здобувачів вищої освіти (ЗВО), їх підготовку та компетентність для вирішення завдань виробничо-господарської діяльності підприємств і організацій фахового спрямування згідно з державним класифікатором видів діяльності, передбачених для відповідних посад.

Зміст кваліфікаційної атестації у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки визначається вимогами до властивостей і якостей особи, яка здобула перший (бакалаврський) рівень вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Суднові енергетичні установки та устаткування» із спеціальності 135 «Суднобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Контрольні питання і завдання кваліфікаційної атестації у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки повинні дозволити оцінювати не лише рівень засвоєння отриманих теоретичних знань, а і вміння ЗВО застосовувати їх у практичній роботі. У зв'язку із цим, екзаменаційні білети з кваліфікаційної атестації у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки складені на основі питань з дисциплін, які формують професійну освіту фахівця.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ

Метою кваліфікаційної атестації у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки є формування у ЗВО згідно зі Стандартом вищої освіти України,

затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України № 1073 від 04.10.2018 р., та освітньо-професійною програмою «Суднові енергетичні установки та устаткування» таких компетентностей.

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері суднобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК 01. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;

ЗК 08. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні компетентності, визначені стандартом вищої освіти спеціальності:

СК 04. Здатність аналізувати ефективність проектних рішень, пов'язаних з розрахунками характеристик суднових енергетичних та електротехнічних установок, суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки та інших об'єктів, які належать до сфери професійної діяльності (відповідно до спеціалізації);

СК 08. Обізнаність з основними положеннями, методами, принципами фундаментальних та інженерних наук (математики, хімії, механіки твердого тіла, опору матеріалів, термодинаміки, теплофізики, електротехніки і електроніки, механіки рідини і газу) в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів програми відповідно до спеціалізації.

Спеціальні (фахові) компетентності, визначені освітньою програмою:

СК 11. Обізнаність з фізико-хімічними основами використання паливно-мастильних матеріалів та технічних рідин відповідно до освітньо-професійної програми;

СК 12. Обізнаність з основними принципами роботи теплових двигунів відповідно до освітньо-професійної програми.

2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ

За навчальним планом освітньо-професійної програми «Суднові енергетичні установки та устаткування» кваліфікаційна атестація у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки передбачена для ЗВО третього курсу (шостий семестр).

Передумовами для її проведення є успішне виконання ЗВО завдань третього року навчального плану бакалаврської підготовки за освітньо-професійною програмою «Суднові енергетичні установки та устаткування».

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ

Проведення кваліфікаційної атестації у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки передбачає формування та розвиток у ЗВО таких результатів навчання:

ПР 01. Уміти передавати свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і неспеціалістам в ясній і однозначній формі;

ПР 05. Уміти виконувати розрахунки, що належать до сфери професійної діяльності, із застосуванням інформаційних і комунікаційних технологій, сучасного програмного забезпечення та систем автоматизованого проектування;

ПР 07. Володіти державною мовою на рівні, достатньому для професійного та ділового спілкування;

ПР 09. Знати та розуміти предметну область, основні засади професійної діяльності;

ПР 10. Уміти виконувати розрахунки характеристик, якостей, напружено-деформованого стану і оцінювати міцність суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки, суднових конструкцій, енергетичних, елект-

ротехнічних установок, систем, пристроїв та інших об'єктів суднобудування, їх основних конструктивних елементів (відповідно до спеціалізації);

ПР 11. Знати і розуміти розділи математики, хімії, конструкційних матеріалів на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми;

ПР 12. Уміти користуватися довідковою та нормативною літературою, технологічною та конструкторською документацією для вирішення інженерних завдань, пов'язаних з професійною діяльністю.

ПР 13. Уміти розв'язувати типові спеціалізовані задачі, що пов'язані з проектуванням, конструюванням, технологією виробництва, ремонтом, експлуатацією, обслуговуванням та утилізацією суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки, судових енергетичних, електротехнічних установок, систем, пристроїв та інших об'єктів суднобудування, їх основних конструктивних елементів (відповідно до спеціалізації).

ПР 14. Уміти обирати і застосовувати необхідне устаткування, інструменти та методи для проектування, конструювання, виготовлення, ремонту, реновації, обслуговування, утилізації суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки, судових енергетичних установок, систем електроенергетики і автоматизації суден та інших об'єктів і процесів суднобудування відповідно до спеціалізації.

ПР 16. Розуміти основні принципи механічної інженерії (механіки твердого тіла, опору матеріалів, термодинаміки, теплофізики, механіки рідини і газу) відповідно до спеціалізації.

ПР 20. Уміти поєднувати теорію і практику для вирішення інженерних завдань, що належать до сфери професійної діяльності.

4. ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ

Зміст кваліфікаційної атестації у формі екзамену з теоретичних основ теплотехніки складається з трьох розділів, які охоплюють питання навчальних дисциплін: технічна термодинаміка; тепломасообмін; теплотехнічні вимірювання та прилади.

4.1. Технічна термодинаміка

1. Перший закон термодинаміки як частковий випадок закону збереження і перетворення енергії. Інтегральні і диференціальні рівняння першого закону. Навести приклади використання диференці-альних рівнянь. Що таке внутрішня енергія робочого тіла? Навести її властивості і спосіб розрахунку..

2. Дати формулювання і вивести математичний запис другого закону термодинаміки. Ентропія і її властивості, спосіб розрахунку. Цикл Карно як цикл максимального ККД. Навести можливі значення ККД циклу Карно. Вічний двигун другого роду – що це таке?

3. Питома теплоємність газів: масова, мольна, об'ємна. Зв'язок між ними. Теплоємність середня та істинна. Середня теплоємність у даному інтервалі температур. Визначення загальної теплоти процесу через масову, мольну, об'ємну теплоємність.

4. Вивести рівняння політропи і співвідношення параметрів p - v , T - v , T - p . Побудувати узагальнені p - v і T - s діаграми політропних процесів, обґрунтувати їх перебіг.

5. Дати методику розрахунку циклу ДВЗ з ізохорним підведенням теплоти: p - v і T - s діаграми, параметри вузлових точок, ККД циклу та його аналіз, робота циклу, середньоцикловий тиск.

6. Цикл ДВЗ з ізобарним підведенням теплоти: p - v і T - s діаграми, пара-

метри вузлових точок, формули ККД, роботи циклу, середньо-циклового тиску.

7. Термодинаміка стиснення газів. Причини застосування багатоступеневого стиснення. Робота багатоступеневого стиснення. $p-v$ і $T-s$ діаграми процесів стиснення.

8. Термодинаміка потоку. Швидкість витікання газу. Критичний переріз, критична швидкість, критичне співвідношення тисків. Швидкість звуку.

9. Термодинаміка потоку. Секундна масова витрата газу. Максимальна секундна витрата.

10. Дослідження циклу ГТУ з ізобарним підведенням теплоти: силова схема, $p-v$ і $T-s$ діаграми, вихідні дані, параметри вузлових точок, формула ККД та її аналіз.

11. $p-v$, $T-s$, $h-s$ діаграми стану водяної пари. Основні термодинамічні процеси з водяною парою в цих діаграмах.

12. Цикл Ренкіна як основний цикл паросилової установки. Схема установки і її цикл в $T-s$ і $h-s$ координатах. Термічний ККД. Проаналізувати засоби підвищення ККД циклу.

13. Цикл Ренкіна з проміжним перегрівом пари. Дати силову схему і цикл в $T-s$ і $h-s$ діаграмах. Скласти формулу визначення термічного ККД. Як впливає проміжний перегрів на абсолютний ККД циклу?

14. Термодинамічні основи теплофікації. Показати термодинамічну доречність застосування теплофікаційних установок. Дати варіанти схем теплофікаційних установок, привести їх порівняльний аналіз. Ефективність роботи теплофікаційної установки.

15. Цикл парокомпресорної холодильної машини. Навести схему і теоретичний цикл. Одержати формулу холодильного коефіцієнту, проаналізувати варіант роботи холодильної машини з переохолодженням робочого агрегату перед дроселем.

16. Перший закон термодинаміки як частковий випадок закону збереження і перетворення енергії. Інтегральні і диференціальні рівняння першого зако-

ну. Навести приклади використання диференціальних рівнянь. Що таке внутрішня енергія робочого тіла? Навести її властивості і спосіб розрахунку.

17. Дати формулювання і вивести математичний запис другого закону термодинаміки. Ентропія і її властивості, спосіб розрахунку. Цикл Карно як цикл максимального ККД. Навести межові значення ККД циклу Карно. Вічний двигун другого роду – що це таке?

18. Питома теплоємність газів: масова, мольна, об'ємна. Зв'язок між ними. Теплоємність середня і істинна. Середня теплоємність у даному інтервалі температур. Визначення загальної теплоти процесу через масову, мольну, об'ємну теплоємність.

19. Вивести рівняння політропи і співвідношення параметрів $p-v$; $T-v$; $T-p$. Побудувати узагальнені $p-v$ і $T-s$ діаграми політропних процесів, обґрунтувати їх перебіг.

4.2. Тепломасообмін

1. Описати механізм течії і теплообміну вільною конвекцією. Навести загальний вид критеріальної залежності теплообміну вільною конвекцією. Який фізичний зміст критерію Грасгофа? Які особливості розрахунків вільної конвекції горизонтальних плит, циліндрів, у щілинах та прошарках.

2. Описати механізм бульбашкового кипіння рідини. Проаналізувати залежність густини теплового потоку від різниці температур «стінка–рідина». Пояснити, в чому полягає безпека появи плівкового режиму кипіння в теплообмінниках.

3. У чому полягає природа процесу конденсації? Які складові термічного опору процесу конденсації? Вказати окремі види конденсації, які мають місце в СЕУ. Як залежить коефіцієнт тепловіддачі при ламінарному режимі конденсації від різниці температур «насичена пара–стінка»?

4. Як класифікують теплообмінники за принципом дії? Дати коротку характеристику кожного типу теплообмінних апаратів. У чому полягає сутність

конструктивного і перевірного теплових розрахунків. Записати основні рівняння, що використовуються в методиках теплових розрахунків. Навести перелік і характеристику основних схем руху теплоносія в рекуперативних теплообмінниках. Проаналізувати, які схеми руху теплоносіїв мають перевагу на прикладі одного з теплообмінників СЕУ.

5. У чому полягає природа теплового випромінювання? Від яких факторів залежить інтенсивність теплового випромінювання? Записати вирази фундаментальних законів випромінювання (Планка, Стефана-Больцмана). Що таке поглинальна, відбиттєва і проникна здатності тіл? Показати зв'язок між ними. У чому полягає різниця між випромінюванням газів і парів і випромінюванням твердих тіл?

6. Сформулювати основні способи переносу теплоти. Дати визначення понять теплоти, теплового потоку, густини теплового потоку. Навести приклади способів переносу теплоти у елементах СЕУ.

7. Навести фізичні особливості процесу теплопровідності на прикладі одного з елементів СЕУ. Дати визначення понять температурного поля, температурного градієнта, основного закону теплопровідності (Фур'є), коефіцієнта теплопровідності та термічного опору.

8. Навести фізичний опис процесів теплопередачі, що мають місце у СЕУ. Що таке коефіцієнт теплопередачі та термічний опір процесу теплопередачі?

9. Описати основні способи інтенсифікації теплопередачі в СЕУ. На прикладі одного з елементів СЕУ розглянути практичну реалізацію цих способів. Дати пояснення смислу застосування ребристих поверхонь. З якого боку теплообмінної поверхні раціональне використання ребрення: з боку більшого чи меншого коефіцієнта тепловіддачі?

10. Описати випадки нестационарної теплопровідності, які мають місце при роботі елементів СЕУ. Указати стадії нестационарної теплопровідності і основні фактори, які впливають на розподіл температур. Пояснити значення тео-

рії регулярного режиму для визначення характеристик матеріалів і коефіцієнта тепловіддачі.

11. Привести фізичний опис процесу конвективного теплообміну. Вільна та вимушена конвекція. Описати основні фактори, які впливають на перенесення теплоти конвекцією. Які диференціальні рівняння та умови однозначності описують конвективний теплообмін? Записати основний закон тепловіддачі (Ньютона-Ріхмана). Пояснити фізичний зміст коефіцієнта тепловіддачі.

12. Сформулювати умови подібності теплових процесів. Яке значення має теорія подібності для дослідження та узагальнення теплових задач? Навести загальний вид критеріальної залежності конвективного теплообміну. Перелічити визначальні та визначувані критерії подібності, їх фізичний зміст. Що таке визначальні розмір, температура і швидкість?

13. Зобразити розподіл швидкості та температур для випадку поздовжнього вимушеного обтікання потоком поверхні стінки. Від яких факторів залежить тепловіддача за таких умов? Навести загальний вид критеріальної залежності тепловіддачі вимушеного обтікання стінки. Який механізм передачі теплоти має місце при ламінарному та турбулентному режимах?

14. Зобразити розподіл швидкості руху і температур при течії рідини у трубах та каналах. Що таке початкові ділянки гідродинамічної та теплової стабілізації? Зазначити особливості руху і теплообміну в'язкісного та в'язкісно-гравітаційного режимів неізотермічної течії. Навести загальний вид критеріальних залежностей теплообміну таких режимів течії. Які особливості теплообміну при течії рідини у каналах некруглого перерізу та зігнутих трубах?

15. Описати гідродинаміку і теплообмін вимушеного поперечного обтікання труби. Режими обтікання, розподіл коефіцієнтів тепловіддачі по периметру труби. Які вам відомі схеми компонування труб у пучки? Які з них і за яких умов застосовуються у теплообмінних апаратах? Як розраховується тепловіддача вимушеного поперечного обтікання пучків труб?

4.3. Теплотехнічні вимірювання та прилади

1. Систематичні похибки вимірювання температури контактними способами, їх типи і визначення.
2. Термометри опору. Методи вимірювання електричного опору: зрівноважені мости, логометри, компенсаційні схеми.
3. Термометри опору. Стандартні термометри опору та їх характеристики. Металеві та напівпровідникові термоперетворювачі опору.
4. Манометричні термометри. Принцип дії, типи і характеристики манометричних термометрів.
5. Термоелектричні термометри. Теоретичні основи термоелектричних перетворювачів (термопар). Стандартні термопари, їх типи і характеристики.
6. Термоелектричні термометри. Способи вимірювання термоЕРС. Принципова схема потенціометра.
7. Методи вимірювання рівня рідини. Рівнеміри, їх типи, принципи дії та характеристики.
8. Методи вимірювання тиску. Манометри, їх типи, принципи дії і характеристики.
9. Методи вимірювання частоти обертання. Тахометри, їх типи, принцип дії та характеристики.
10. Методи вимірювання кількості і витрати речовини. Типи витратомірів, що застосовуються при випробуванні та експлуатації суднових енергетичних установок; їх принцип дії та основні характеристики.
11. Методи вимірювання витрати речовини. Теплові витратоміри; принцип дії та основні характеристики.
12. Методи вимірювання витрати речовини. Витратоміри постійного перепаду тиску (ротаметри). Їх принцип дії, типи і характеристики.
13. Методи вимірювання витрати речовини. Спеціальні витратоміри (теплові, електромагнітні, ультразвукові), їх принцип дії та характеристики.

14. Вимірювання витрати речовини. Витратоміри змінного перепаду тиску; теоретичні основи. Звужуючі пристрої, їх типи і характеристики.

15. Вимірювання потужності. Визначення потужності за параметрами робочих тіл.

16. Методи вимірювання потужності двигунів. Гальмові пристрої, принцип дії, типи і характеристики.

5. СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ БІЛЕТІВ

До складу кожного екзаменаційного білета (Додаток 1) внесені по два теоретичних питань з переліку питань, які наведені вище, а також одне практичне завдання.

6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ З ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ТЕПЛОТЕХНІКИ

До кваліфікаційної атестації у формі екзамену допускаються ЗВО, які повністю виконали вимоги навчального плану. Програма та терміни кваліфікаційної атестації у формі екзамену обов'язково доводяться до відома кожного ЗВО. Напередодні екзамену проводяться оглядові лекції відповідно до дисциплін, що зазначені у програмі.

ЗВО після отримання білету готує свою відповідь на стандартних листах з кутовим штампом Херсонського навчально-наукового інституту НУК (екзаменаційні білети наведені в Додатку). Час підготовки 2,0–2,5 години.

Відповіді на питання (якщо це потрібно з умов завдання) повинні супроводжуватись схемами елементів СЕУ, систем, ескізами конструктивних елементів обладнання, графіками та діаграмами процесів і циклів.

Кваліфікаційна атестація у формі екзамену приймається комісією, затвердженою ректором університету. Один екземпляр заповненої екзаменаційної відомості передається у деканат, другий, разом з відповідями ЗВО, зберігається

на випусковій кафедрі суднового машинобудування та енергетики Херсонського навчально-наукового інституту НУК.

7. КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВОЇ ОЦІНКИ

За кожне питання екзаменаційного білету ЗВО може отримати певну кількість балів.

Питання	Зміст питання	Кількість балів, яку може отримати ЗВО
1	Теоретичне питання	0 ... 30
2	Теоретичне питання	0 ... 30
3	Практичне завдання	0 ... 40

Загальна кількість балів визначається як сума балів за окремі теоретичні питання та розв'язання задач, із подальшим її переведенням у шкалу ECTS і традиційну оцінку за національною шкалою.

Умовою успішного складання ЗВО кваліфікаційної атестації у формі екзамену є отримання ним у сумі мінімум 60 балів / D / задовільно.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка ECTS	Визначення	Сума балів	
		Національна	ECTS
A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 - 100	відмінно
B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	82 - 89	добре
C	ДОБРЕ – загалом правильна робота з певною кількістю помилок	74 - 81	
D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	64 - 73	задовільно
E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні критерії	60 - 63	
FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – потрібно попрацювати перед тим, як досягти мінімального критерію	35 - 59	незадовільно

F	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота	1 - 34	
---	---	--------	--

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Базова література

1. Димо Б. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна термодинаміка та теплопередача» / Б. В. Димо, П. А. Пацурковський, О. А. Єпіфанов, О. К. Чередніченко. Миколаїв : НУК, 2022. 169 с.
2. Вассерман, О. А. Технічна термодинаміка і теплообмін: підручник / О. А. Вассерман, О. Г. Слинько. Одеса : Фенікс, 2019. 496 с.
3. Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., Bailey, M. B. Fundamentals of engineering thermodynamics. 9th edition. The Ohio State University, Rochester Institute of Technology: Wiley, 2018. 875 p.
4. Rajput R.K. Engineering thermodynamics. Boston, USA: Laxmi Publications (P) LTD, 2007. 966 p.
5. Дубровська В.В. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб. / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр. К.: НТУУ«КПІ», Вид-во «Політехніка», 2016. 152 с.
6. Powers J. M. Lecture notes on thermodynamics. Notre Dame, Indiana: Department of Aerospace and Mechanical Engineering University of Notre Dame, 2023. 429 p.
7. Буляндра О. Ф. Технічна термодинаміка: підруч. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів. Київ: Техніка, 2001. 320 с.
8. Технічна термодинаміка та теплопередача / В. Малишев, В. Кретов, Т. Гладка, Університет "Україна", 2015. 258с.
9. Алабовський А. Н., Недужий І. А. Технічна термодинаміка і теплопередача. Київ: Вища школа, 1990.
10. Беляєв Н.М. Основи теплопередачі. К.: Вища школа, 2014. 344 с.

11. Кузнецов В. Г., Фордуй С. Г. Розрахунок газових сумішей. Навч. посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003.
12. Кузнецов В. Г., Кузнецов В.В. Розрахунок і термодинамічний аналіз газових циклів теплових двигунів: Навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2006. 44с.
13. Василенко І. А., Куманьов С. О., Півоваров О. А. Збірник задач та вправ для вивчення термодинамічних процесів. Навч. посіб. / І. А. Василенко, С. О. Куманьов, О. А. Півоваров / Д.: Акцент ПП, 2014. 249 с.
14. Теоретичні основи теплотехніки. Визначення ефективності термодинамічних циклів теплових двигунів: розрахункова робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. / В.В. Дубровська, В.І Шкляр; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 31 с.
15. Лабай, В. Й. Тепломасообмін [Текст] : підручник для ВНЗ/ В. Й. Лабай. – Львів : Тріада Плюс, 2004. – 260 с.
16. Димо, Б. В. Теплофізичні основи суднової енергетики [Текст] : навч. посібник / Б. В. Димо, В. В. Кузнецов, О. А. Єпіфанов. – Миколаїв : НУК, 2019. – 120 с.
17. Чепурний, М. М. Тепломасообмін в прикладах і задачах [Текст] : навч. посібник / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 128 с.
18. Димо, Б. В. Практикум з тепломасообміну [Текст] : навч. посібник / Б. В. Димо. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – 136 с.
19. Співак, О. Ю. Тепломасообмін. Частина I [Текст] : навч. посібник / О. Ю. Співак, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 113 с.
20. Yunus A. Çengel, Afshin J. Ghajar. Heat and Mass Transfer: Fundamentals & Applications, Fifth edition. – New York, McGraw-Hill Education, 2015. – 991 p.
21. Погорєлов, А. І. Тепломасообмін (основи теорії та розрахунку) [Текст] : навч. посібник для ВУЗів. 4-те видання, виправлене / А. І. Погорєлов. – Львів : «Новий світ – 2000», 2006. – 144 с.
22. Константінов, С. М. Тепломасообмін [Текст] : підручник / С. М. Константінов. – К. : ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005. – 304 с.

23. Приходько, М. А. Термодинаміка та теплопередача [Текст] : навч. посібник / М. А. Приходько, Г. Г. Герасимов. – Рівне : НУВГП, 2008. – 250 с.

24. Єршов В.В. Теплотехнічні вимірювання та прилади в суднових енергетичних установках: Навч. посіб. Миколаїв: НУК, 2007. 220 с.

25. Єршов В.В., Димо Б.В., Фордуй С.Г. Теплотехнічні вимірювання та прилади. Методичні вказівки, програма і контрольні завдання. Миколаїв: УДМТУ, 2000. 34 с.

26. Глущенко О.Л. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теплотехнічні вимірювання та прилади» для студентів денної форми навчання. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. 34 с.

27. Курилов А. Ф., Козін В. М. Теплотехнічні вимірювання і прилади: навч. посібник. Суми: Сумський державний університет, 2015. 189 с.

Допоміжна література

1. Омельченко, О. В. Тепломасообмін [Текст] : навч. посібник / О. В. Омельченко, Л. О. Цвіркун. – Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2021. – 100 с.

2. Герасимов, Г. Г. Теоретичні основи теплотехніки [Текст] : навч. посібник / Г. Г. Герасимов. – Рівне : НУВГП, 2011. – 382 с.

3. Практикум з тепломасообміну. Стаціонарна теплопровідність без внутрішніх джерел теплоти [Текст] : навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітнього ступеня «бакалавр» / Укладач: І. Е. Фуртат, Н. О. Притула; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 53 с.

4. Webster J.G. Measurement, Instrumentation and Sensors. Handbook. Press LLC. 1999. 2588 p.

5. Raghavendra N.V., Krishnamurthy L. Engineering Metrology and Measurements. Oxford University Press, 2013. 546 p.

6. Morris A.S., Langari R. Measurement and Instrumentation: theory and application. Elsevier Inc., 2012. 640 p.

Програму склав:

доцент кафедри теплотехніки Херсонського ННІ НУК,

к.т.н., доцент



А.А. Андрєєв

ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ БІЛЕТИ

(все на 30 аркушах)

Кількість білетів – 30

БІЛЕТ № 1

1. Перший закон термодинаміки як частковий випадок закону збереження і перетворення енергії. Інтегральні і диференціальні рівняння першого закону. Навести приклади використання диференціальних рівнянь. Що таке внутрішня енергія робочого тіла? Навести її властивості і спосіб розрахунку.

2. Описати механізм течії і теплообміну вільною конвекцією. Навести загальний вид критеріальної залежності теплообміну вільною конвекцією. Який фізичний зміст критерію Грасгофа? Які особливості розрахунків вільної конвекції горизонтальних плит, циліндрів, у щілинах та прошарках?

3. Визначити відносну похибку вимірювання рівня палива в витратній цистерні суднової котельної установки, якщо для цієї мети застосовується електричний рівнемір класу точності 2,0 з діапазоном вимірювань від 0 до 3 м. Виміряне значення рівня палива складає 2 м. Як зміниться відносна похибка вимірювання рівня, якщо рівень палива знизиться до 1 м?

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 2

1. Дати формулювання і вивести математичний запис другого закону термодинаміки. Ентропія і її властивості, спосіб розрахунку. Цикл Карно як цикл максимального ККД. Навести можливі значення ККД циклу Карно. Вічний двигун другого роду – що це таке?

2. Описати механізм бульбашкового кипіння рідини. Проаналізувати залежність густини теплового потоку від різниці температур «стінка–рідина». Пояснити, в чому полягає безпека появи плівкового режиму кипіння в теплообмінниках.

3. Визначити статичну характеристику термометра опору, який застосовується для вимірювання температури дейдвудного підшипника. Статична характеристика представлена емпіричною формулою виду $R_t = at + b$. Відповідно до вихідних даних визначити методом найменших квадратів смислові значення постійних параметрів емпіричної формули, користуючись системою рівнянь

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n t_i^2 + b \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n R_{t_i} t_i \\ a \sum_{i=1}^n t_i + bn = \sum_{i=1}^n R_{t_i} \end{cases}$$

Вихідні дані

Температура t , С	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Опір R_t , Ом	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 3

1. Питома теплоємність газів: масова, мольна, об'ємна. Зв'язок між ними. Теплоємність середня та істинна. Середня теплоємність у даному інтервалі температур. Визначення загальної теплоти процесу через масову, мольну, об'ємну теплоємність.

2. У чому полягає природа процесу конденсації? Які складові термічного опору процесу конденсації? Вказати окремі види конденсації, які мають місце в СЕУ. Як залежить коефіцієнт тепловіддачі при ламінарному режимі конденсації від різниці температур «насичена пара–стінка»?

3. Визначити відносну похибку вимірювання тиску в пароводяному колекторі суднового котла і вибрати манометр за умови, що похибка вимірювання робочого тиску 0,5 МПа не повинна перевищувати 3 %.

Клас точності	Діапазон вимірювань
0,5	0...5 МПа
1,5	0...1 МПа
2,0	0...2 МПа

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 4

1. Вивести рівняння політропи і співвідношення параметрів $p-v$, $T-v$, $T-p$. Побудувати узагальнені $p-v$ і $T-s$ діаграми політропних процесів, обґрунтувати їх перебіг.

2. Як класифікують теплообмінники за принципом дії? Дати коротку характеристику кожного типу теплообмінних апаратів. У чому полягає сутність конструктивного і перевірного теплових розрахунків. Записати основні рівняння, що використовуються в методиках теплових розрахунків. Навести перелік і характеристику основних схем руху теплоносія в рекуперативних теплообмінниках. Проаналізувати, які схеми руху теплоносіїв мають перевагу на прикладі одного з теплообмінників СЕУ.

3. Визначити границю допустимої похибки вимірювання частоти обертання колінчастого вала суднового двигуна внутрішнього згорання і вибрати тахометр, який забезпечує вимірювання частоти обертання 300 хв.^{-1} з похибкою, що не перевищує 3,5 % за такими даними:

Тип тахометра	Клас точності	Діапазон вимірювань, хв.^{-1}
Відцентровий	3,0	0...500
Магнітний	2,0	0...500
Електричний	1,0	0...1500

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 5

1. Дати методику розрахунку циклу ДВЗ з ізохорним підведенням теплоти: p - v і T - s діаграми, параметри вузлових точок, ККД циклу та його аналіз, робота циклу, середньоцикловий тиск.

2. У чому полягає природа теплового випромінювання? Від яких факторів залежить інтенсивність теплового випромінювання? Записати вирази фундаментальних законів випромінювання (Планка, Стефана-Больцмана). Що таке поглинальна, відбиттєва і проникна здатності тіл? Показати зв'язок між ними. У чому полягає різниця між випромінюванням газів і парів і випромінюванням твердих тіл?

3. Визначити границю допустимої похибки вимірювання температури в холодильній камері транспортного рефрижератора конденсаційним манометричним термометром і вибрати термометр, який забезпечує вимірювання температури $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ з похибкою, що не перевищує 2 %, за такими даними:

Клас точності	Діапазон вимірювань
0,5	$-100\dots 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
1,0	$-50\dots 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
1,5	$-30\dots 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 6

1. Цикл ДВЗ з ізобарним підведенням теплоти: $p-v$ і $T-s$ діаграми, параметри вузлових точок, формули ККД, роботи циклу, середньо-циклового тиску.

2. Методи вимірювання рівня рідини. Рівнеміри, їх типи, принципи дії та характеристики.

3. Розрахувати добову витрату теплоти і тепловий потік із зовнішньої поверхні суднового паливопідігрівача величиною $1,5 \text{ м}^2$, якщо коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої поверхні $5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а температури поверхні паливопідігрівача та в приміщенні дорівнюють відповідно 45 та $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Розрахувати також і густину теплового потоку.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 7

1. Термодинаміка стиснення газів. Причини застосування багатоступеневого стиснення. Робота багатоступеневого стиснення. $p-v$ і $T-s$ діаграми процесів стиснення.
2. Термометри опору. Стандартні термометри опору та їх характеристики. Металеві та напівпровідникові термоперетворювачі опору.
3. Розрахувати температурний градієнт та різницю температур для тонкої плоскої сталеві стінки товщиною $\delta = 2,5$ мм, якщо відомо, що за годину через 1 м^2 поверхні стінки передається $3,6$ МДж теплоти.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

**Голова
професор**

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 8

1. Термодинаміка потоку. Швидкість витікання газу. Критичний переріз, критична швидкість, критичне співвідношення тисків. Швидкість звуку.

2. Методи вимірювання тиску. Манометри, їх типи, принципи дії і характеристики.

3. Визначити коефіцієнт теплопередачі для сталеві трубки діаметром 32/40 мм конвективної поверхні нагріву парогенератора. Зовнішня поверхня труби вкрита шаром сажистих відкладень товщиною 1,5 мм, коефіцієнт теплопровідності 0,3 Вт/(м·К). Коефіцієнти тепловіддачі з боку газів і рідини, яка кипить, прийняти відповідно 95 та 12000 Вт/(м²·К). Визначити також максимальну температуру стінки труби, якщо тиск насичення складає 1 МПа, а температура газів 900 °С.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 9

1. Термодинаміка потоку. Секундна масова витрата газу. Максимальна секундна витрата.
2. Методи вимірювання частоти обертання. Тахометри, їх типи, принцип дії та характеристики.
3. Визначити тепловий потік через 1 м^2 стінки, холодна сторона якої оребрена, коефіцієнт оребрення $F_2/F_1 = 13$. Товщина стінки $\delta = 10 \text{ мм}$, $\lambda = 40 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Коефіцієнти тепловіддачі відповідно дорівнюють $\alpha_1 = 200$ і $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, а температури $t_1 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$. У скільки разів оребрення збільшує тепловий потік у порівнянні зі стінкою без ребер? Ефективність ребра прийняти $E = 0,9$.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 10

1. Дослідження циклу ГТУ з ізобарним підведенням теплоти: силова схема, $p-v$ і $T-s$ діаграми, вихідні дані, параметри вузлових точок, формула ККД та її аналіз.

2. Манометричні термометри. Принцип дії, типи і характеристики манометричних термометрів.

3. Розрахувати середній коефіцієнт тепловіддачі для випадку вимушеної конвекції повітря уздовж плоскої стінки довжиною L , якщо відомі значення місцевого коефіцієнта тепловіддачі на краю стінки $\alpha_{x=L}$ і закон зміни місцевих коефіцієнтів тепловіддачі уздовж каналу $\alpha_x = cx^{-0,2}$, де x – довжина, c – постійний коефіцієнт.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 11

1. $p-v$, $T-s$, $h-s$ діаграми стану водяної пари. Основні термодинамічні процеси з водяною парою в цих діаграмах.
2. Методи вимірювання витрати речовини. Теплові витратоміри; принцип дії та основні характеристики.
3. Визначити значення чисел Nu , Re , Gr , Eu , Pr для таких умов: вода рухається у трубі діаметром 24x2 мм, довжиною 2 м, витрата рідини складає 50 кг/год. На вході температура води 80 °С, на виході – 40 °С, середня температура стінки труби 25 °С. Гідравлічний опір складає 400 Па. Визначальні параметри – середня температура води та внутрішній діаметр труби.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 12

1. Цикл Ренкіна як основний цикл паросилової установки. Схема установки і її цикл в $T-s$ і $h-s$ координатах. Термічний ККД. Проаналізувати засоби підвищення ККД циклу.

2. Термоелектричні термометри. Способи вимірювання термоЕРС. Принципова схема потенціометра.

3. Розрахувати середній коефіцієнт тепловіддачі при течії трансформаторного масла з середньою температурою $90\text{ }^\circ\text{C}$ і швидкістю $0,4\text{ м/с}$ уздовж металевої плити довжиною $0,5\text{ м}$, температура якої дорівнює $20\text{ }^\circ\text{C}$. Використайте критеріальну залежність:

$$\text{Nu}_{f,t} = 0,67 \cdot \text{Re}_{f,t}^{0,5} \text{Pr}_f^{0,33} \left(\frac{\text{Pr}_f}{\text{Pr}_w} \right)^{0,25} .$$

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 13

1. Цикл Ренкіна з проміжним перегрівом пари. Дати силову схему і цикл в $T-s$ і $h-s$ діаграмах. Скласти формулу визначення термічного ККД. Як впливає проміжний перегрів на абсолютний ККД циклу?

2. Вимірювання потужності. Визначення потужності за параметрами робочих тіл.

3. Розрахувати, як змінюється середній коефіцієнт тепловіддачі за умов в'язкісної течії рідини у трубі, якщо швидкість руху зросте у 2 та 4 рази, а діаметр труби, середня температура рідини, температура стінки та режим течії залишаться незмінним. Використати критеріальну залежність:

$$\overline{\text{Nu}}_{f,d} = 1,55 \left(\text{Pe} \frac{d}{l} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu_f}{\mu_w} \right)^{0,14} .$$

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 14

1. Термодинамічні основи теплофікації. Показати термодинамічну доречність застосування теплофікаційних установок. Дати варіанти схем теплофікаційних установок, привести їх порівняльний аналіз. Ефективність роботи теплофікаційної установки.

2. Методи вимірювання потужності двигунів. Гальмові пристрої, принцип дії, типи і характеристики.

3. Розрахувати співвідношення коефіцієнтів тепловіддачі вільною конвекцією з зовнішньої поверхні двох горизонтальних трубопроводів діаметрами 50 та 150 мм. Трубопроводи мають однакову температуру поверхні і розміщені на такій відстані, що виключає взаємний тепловий вплив. Використовувати критеріальну залежність:

$$\overline{\text{Nu}}_{f,d} = 0,5 (\text{Gr}_{f,d} \text{Pr}_f)^{0,25}.$$

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 15

1. Цикл парокомпресорної холодильної машини. Навести схему і теоретичний цикл. Одержати формулу холодильного коефіцієнту, проаналізувати варіант роботи холодильної машини з переохолодженням робочого агрегату перед дроселем.

2. Методи вимірювання витрати речовини. Витратоміри постійного перепаду тиску (ротаметри). Їх принцип дії, типи і характеристики.

3. Розрахувати, як зміняться коефіцієнт тепловіддачі та витрата сухої насиченої пари, що конденсується на поверхні горизонтальної труби, якщо діаметр труби зростає у 4 рази, а тиск пари, різниця температур і довжина труби залишаються незмінними. Використовувати критеріальну залежність:

$$Nu = 0,728 (Ga K Pr)^{0,25},$$

де $K = \frac{r}{c_p (t_s - t_{ст})}$ – критерій фазового переходу; Pr – критерій Прандтля;

$Ga = \frac{g d^3}{\nu^2}$ – критерій Галілея.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 16

1. Сформулювати основні способи переносу теплоти. Дати визначення понять теплоти, теплового потоку, густини теплового потоку. Навести приклади способів переносу теплоти у елементах СЕУ.
2. Методи вимірювання витрати речовини. Спеціальні витратоміри (теплові, електромагнітні, ультразвукові), їх принцип дії та характеристики.
3. Розрахувати зміну питомої внутрішньої енергії повітря, якщо його температура збільшилась на 100 К. Середня ізобарна теплоємність – 1,015 кДж/(кг·К). Коефіцієнт Пуассона – 1,41.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 17

1. Навести фізичні особливості процесу теплопровідності на прикладі одного з елементів СЕУ. Дати визначення понять температурного поля, температурного градієнта, основного закону теплопровідності (Фур'є), коефіцієнта теплопровідності та термічного опору.
2. Вимірювання витрати речовини. Витратоміри змінного перепаду тиску; теоретичні основи. Звужуючі пристрої, їх типи і характеристики.
3. Розрахувати зміну питомої ентропії повітря, якщо в ізохорному процесі температура зменшилась з 400 К до 300 К.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

**Голова
професор**

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 18

1. Навести фізичний опис процесів теплопередачі, що мають місце у СЕУ. Що таке коефіцієнт теплопередачі та термічний опір процесу теплопередачі?
2. Термоелектричні термометри. Теоретичні основи термоелектричних перетворювачів (термопар). Стандартні термопари, їх типи і характеристики.
3. Розрахувати питому теплоту процесу $p = \text{const}$, в якому температура зросла з 293 К до 1073 К. Робоче тіло – повітря.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 19

1. Описати основні способи інтенсифікації теплопередачі в СЕУ. На прикладі одного з елементів СЕУ розглянути практичну реалізацію цих способів. Дати пояснення смислу застосування ребристих поверхонь. З якого боку теплообмінної поверхні раціональне використання ребрення: з боку більшого чи меншого коефіцієнта тепловіддачі?

2. Методи вимірювання кількості і витрати речовини. Типи витратомірів, що застосовуються при випробуванні та експлуатації суднових енергетичних установок; їх принцип дії та основні характеристики.

3. Показати відносне розташування політропи розширення з $n = 0,2$. Розрахувати для неї кінцевий питомий об'єм, якщо початкові параметри $p_0 = 0,2$ МПа, $v_0 = 1$ м³/кг, кінцевий тиск $p_k = 0,1$ МПа. Робоче тіло – повітря.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 20

1. Описати випадки нестационарної теплопровідності, які мають місце при роботі елементів СЕУ. Указати стадії нестационарної теплопровідності і основні фактори, які впливають на розподіл температур.

Пояснити значення теорії регулярного режиму для визначення характеристик матеріалів і коефіцієнта тепловіддачі.

2. Систематичні похибки вимірювання температури контактними способами, їх типи і визначення.

3. Розрахувати ККД циклу Отто за таких умов: коефіцієнт стиснення $\varepsilon = 6$; коефіцієнт Пуассона $k = 1,33$. Які обставини обмежують величину ε ?

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 21

1. Привести фізичний опис процесу конвективного теплообміну. Вільна та вимушена конвекція. Описати основні фактори, які впливають на перенесення теплоти конвекцією. Які диференціальні рівняння та умови однозначності описують конвективний теплообмін? Записати основний закон тепловіддачі (Ньютона-Ріхмана). Пояснити фізичний смисл коефіцієнта тепловіддачі.

2. Термометри опору. Методи вимірювання електричного опору: зрівноважені мости, логометри, компенсаційні схеми.

3. Розрахувати ККД циклу Дизеля за таких умов: коефіцієнт стиснення $\varepsilon = 12$; коефіцієнт Пуассона $k = 1,4$; коефіцієнт попереднього збільшення об'єму $\rho = 1,5$. Які обставини обмежують величину ККД?

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 22

1. Сформулювати умови подібності теплових процесів. Яке значення має теорія подібності для дослідження та узагальнення теплових задач? Навести загальний від критеріальної залежності конвективного теплообміну. Перелічити визначальні та визначувані критерії подібності, їх фізичний зміст. Що таке визначальні розмір, температура і швидкість?

2. Перший закон термодинаміки як частковий випадок закону збереження і перетворення енергії. Інтегральні і диференціальні рівняння першого закону. Навести приклади використання диференціальних рівнянь. Що таке внутрішня енергія робочого тіла? Навести її властивості і спосіб розрахунку.

3. Визначити похибку вимірювання термоЕРС, якщо для цієї мети застосовується мілівольтметр класу точності 1,0 з діапазоном показань від 0 до 30 мВ.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 23

1. Зобразити розподіл швидкості та температур для випадку поздовжнього вимушеного обтікання потоком поверхні стінки. Від яких факторів залежить тепловіддача за таких умов? Навести загальний вид критеріальної залежності тепловіддачі вимушеного обтікання стінки. Який механізм передачі теплоти має місце при ламінарному та турбулентному режимах?

2. Дати формулювання і вивести математичний запис другого закону термодинаміки. Ентропія і її властивості, спосіб розрахунку. Цикл Карно як цикл максимального ККД. Навести межові значення ККД циклу Карно. Вічний двигун другого роду – що це таке?

3. Визначити температуру відпрацьованих газів двигуна внутрішнього згоряння, яка вимірюється стандартним термоелектричним термометром з хромель-алюмелевим (ХА) перетворювачем (термопарою).

Вільний спай термопари розміщується в навколишньому середовищі при температурі 20 °С.

Виміряне значення термоЕРС складає 12 мВ.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 24

1. Зобразити розподіл швидкості руху і температур при течії рідини у трубах та каналах. Що таке початкові ділянки гідродинамічної та теплової стабілізації? Зазначити особливості руху і теплообміну в'язкісного та в'язкісно-гравітаційного режимів неізотермічної течії. Навести загальний вид критеріальних залежностей теплообміну таких режимів течії. Які особливості теплообміну при течії рідини у каналах некруглого перерізу та зігнутих трубах?

2. Питома теплоємність газів: масова, мольна, об'ємна. Зв'язок між ними. Теплоємність середня і істинна. Середня теплоємність у даному інтервалі температур. Визначення загальної теплоти процесу через масову, мольну, об'ємну теплоємність.

3. Визначити відносну похибку вимірювання витрати пального при випробуванні двигуна внутрішнього згорання. Витрата пального вимірюється масовим способом, при якому вимірюється час витікання певної маси пального, тобто $G = m / r$.

Вихідні дані:

Маса m, кг	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Час τ, с	70,0	69,8	69,7	70,1	71,0	69,0	70,0	70,3	69,9	70,2

Похибка прямого вимірювання маси дорівнює $\Delta m = 0,01$ кг.

Похибку прямого вимірювання часу $\Delta \tau$ визначити як середню квадратичну.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 25

1. Описати гідродинаміку і теплообмін вимушеного поперечного обтікання труби. Режими обтікання, розподіл коефіцієнтів тепловіддачі по периметру труби. Які вам відомі схеми компонування труб у пучки? Які з них і за яких умов застосовуються у теплообмінних апаратах? Як розраховується тепловіддача вимушеного поперечного обтікання пучків труб?

2. Вивести рівняння політропи і співвідношення параметрів $p-v$; $T-v$; $T-p$. Побудувати узагальнені $p-v$ і $T-s$ діаграми політропних процесів, обґрунтувати їх перебіг.

3. Вибрати більш точний прилад з двох логометрів, шкала яких градуйована в одиницях вимірювання температури, визначивши границю допустимої похибки, за такими даними:

Клас точності	Діапазон вимірювань
0,5	-50...100 °C
1,0	0...50 °C

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 26

1. Манометричні термометри. Принцип дії, типи і характеристики манометричних термометрів.

2. Дати методику розрахунку циклу ДВЗ з ізохорним підведенням теплоти: $p-v$ і $T-s$ діаграми, параметри вузлових точок, ККД циклу та його аналіз, робота циклу, середньоцикловий тиск.

3. Розрахувати поверхню нагріву протиточного теплообмінника для передачі 8 МДж теплоти за секунду, якщо на вході повітря має температуру 150 °С. Витрати і теплоємність газу і повітря вважати однаковими, коефіцієнт теплопередачі дорівнює 90 Вт/(м²·К). Показати можливість здійснення даного нагріву повітря, якщо в теплообміннику виконати прямоточну схему руху теплоносіїв. Температура газів на вході 380 °С, на виході – 210 °С.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 27

1. Методи вимірювання частоти обертання. Тахометри: їх типи, принцип дії та характеристики.
2. Сформулювати основні способи переносу теплоти. Дати визначення понять теплоти, теплового потоку, густини теплового потоку. Навести приклади способів переносу теплоти у елементах СЕУ.
3. Розрахувати питому роботу двоступеневого адіабатного стиснення повітря за таких умов: початкові параметри $p_1 = 0,1$ МПа, $t_1 = 20$ °С, кінцевий тиск $p_k = 1,6$ МПа.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 28

1. Методи вимірювання тиску. Манометри: їх типи, принципи дії і характеристики.
2. Навести фізичні особливості процесу теплопровідності на прикладі одного з елементів СЕУ. Дати визначення понять температурного поля, температурного градієнта, основного закону теплопровідності (Фур'є), коефіцієнта теплопровідності та термічного опору.
3. Розрахувати критичну швидкість витікання кисню з температурою 300 К.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 29

1. Термометри опору. Стандартні термометри опору та їх характеристики. Металеві та напівпровідникові термоперетворювачі опору.
2. Навести фізичний опис процесів теплопередачі, що мають місце у СЕУ. Що таке коефіцієнт теплопередачі та термічний опір процесу теплопередачі?
3. Визначити кількість підведеної теплоти, щоб в умовах ізобарного нагрівання підвищити температуру пари до 300 °С. Початковий стан: $p_1 = 2,0$ МПа, $x_1 = 0,7$.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

**Голова
професор**

О.М. Дудченко

БІЛЕТ № 30

1. Методи вимірювання рівня рідини. Рівнеміри: їх типи, принципи дії та характеристики.

2. Описати основні способи інтенсифікації теплопередачі в СЕУ. На прикладі одного з елементів СЕУ розглянути практичну реалізацію цих способів. Дати пояснення смислу застосування ребристих поверхонь. З якого боку теплообмінної поверхні раціональне використання ребрення: з боку більшого чи меншого коефіцієнта тепловіддачі?

3. Побудувати на діаграмі $\lg p-h$ теоретичний цикл і обчислити холодильний коефіцієнт циклу за таких умов: робочий агент – хладон-22. Максимальний тиск у циклі 1,2 МПа, мінімальний тиск – 0,1 МПа. Переохолодження робочого агента перед дроселем немає, відсутній також перегрів пари на вході в компресор.

Затверджено на засіданні методичної ради Херсонського ННІ НУК.

Протокол № 1 від 29.08.2023 р.

Голова
професор

О.М. Дудченко

