

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Кафедра теплоенергетики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Декан факультету конструювання та дизайну
(Ружи́ло З.В.)
“14” 06 2023 р.

“СХВАЛЕНО”
на засіданні кафедри теплоенергетики
протокол № 5 від “14” 06 2023 р.
в.о. завідувача кафедри
(Антипов Є.О.)

“РОЗГЛЯНУТО”
Гарант ОПІ спеціальності
133 – «Галузеве машинобудування»
(Булгаков В.М.)
“14” 06 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ЕЛЕКТРОТЕХНІКА, ГІДРАВЛІКА І ТЕПЛОТЕХНІКА»**

Частина 3 – «ТЕПЛОТЕХНІКА»

спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

освітня програма – «Галузеве машинобудування»

факультет – «Конструювання та дизайну»

розробник: доцент, к.т.н. Міщенко Анатолій Васильович

**1. Опис частини 3 - "Теплотехніка" навчальної дисципліни
«Електротехніка, гідравліка і теплотехніка»**

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	133 – "Галузеве машинобудування"	
Освітня програма	"Галузеве машинобудування"	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Цикл спеціальної(фахової) підготовки Обов'язкові компоненти ОПП	
Загальна кількість годин	60	
Кількість кредитів ECTS	2,0	
Кількість змістових модулів	2,0	
Курсовий проект (робота)	-	
Форма контролю	<i>екзамен</i>	
Структура навчальної роботи для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	3-й	4-й
Семестр	6-й	7-й
Лекційні заняття	<i>15 год.</i>	<i>6 год.</i>
Практичні, семінарські заняття	<i>- год.</i>	<i>- год.</i>
Лабораторні заняття	<i>15 год.</i>	<i>8 год.</i>
Самостійна робота	<i>30 год.</i>	<i>46 год.</i>
Індивідуальні завдання	<i>2</i>	<i>4</i>
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	<i>2 год.</i>	<i>-</i>

2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Метою викладання частини 3 - «Теплотехніка» комплексної навчальної дисципліни «Електротехніка, гідравліка і теплотехніка» є оволодіння основами знань з будови та роботи теплогенеруючого та тепловикористовуючого обладнання в агропромисловому виробництві та побуті сільського населення.

Основним **завданням** вивчення частини 3 - «Теплотехніка» комплексної навчальної дисципліни «Електротехніка, гідравліка і теплотехніка» є опанування основними положеннями технічної термодинаміки та теорії тепломасообміну, творчого підходу до виконання завдань експлуатації теплоенергетичного обладнання, раціонального використання традиційних та нетрадиційних енергоресурсів, охорони навколишнього середовища.

У результаті вивчення частини 3 - «Теплотехніка» комплексної навчальної дисципліни «Електротехніка, гідравліка і теплотехніка» здобувачі вищої освіти повинні **знати:**

- основи технічної термодинаміки;
- основи теорії тепломасообміну;
- основні теоретичні відомості в галузі теплоенергетичного устаткування і систем агропромислового виробництва;
- принципи роботи і конструкції теплотехнічних пристроїв і систем, що використовуються в системах тепlopостачання АПК;
- методи та технічні засоби використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії;
- законодавчу базу, методи та технічні засоби енергозбереження в теплотехнологіях;

вміти:

- виконувати теплові розрахунки обладнання, задіяного в технологічних процесах виробництва і переробки сільськогосподарської продукції;
- проводити вибір режимів роботи теплоенергетичних установок і систем;
- організовувати на високому науковому і технічному рівні експлуатацію теплоенергетичних установок і систем;
- розробляти енергозберігаючі заходи в системах теплоенергопостачання агропромислового виробництва.

Набуття компетентностей

Загальні компетентності:

- Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.
- Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.
- Розуміння та власне осмислення основних світоглядних концепцій і принципів у навчанні і професійній діяльності.
- Здатність до критичного мислення, аналізу і синтезу.
- Розуміння необхідності, дотримання правил безпеки життєдіяльності та виконання вимог охорони праці. Екологічна грамотність. Орієнтація на досягнення життєвого успіху та здорового способу життя.
- Здатність до роботи в команді.
- Здатність до аналізу та синтезу науково-технічної, природничо-наукової та загальнонаукової інформації.

Фахові компетентності:

- Здатність удосконалювати аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань технічного обслуговування і ремонту, зокрема, в умовах технічної невизначеності.
- Здатність застосовувати передові технології для технічного обслуговування і ремонту, наукові факти, концепції, теорії, принципи.
- Здатність застосовувати та вдосконалювати наявні кількісні математичні, наукові й технічні методи, а також комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань технічного обслуговування і ремонту.
- Здатність втілювати передові інженерні розробки для отримання практичних результатів.
- Здатність вирішувати перспективні завдання сучасного виробництва, спрямовані на задоволення потреб споживачів.

- Здатність визначати техніко-економічну ефективність теплоенергетичних установок, процедуру ремонту енергообладнання й засобів автоматизації та їхніх складників.
- Здатність демонструвати творчий і новаторський потенціал у проектних розробках з експлуатації теплоенергетичних установок.
- Здатність використовувати знання на засадах комерційної та економічної діяльності.
- Здатність розробляти плани й проекти, спрямовані на досягнення поставленої мети і зорієнтовані на наявні ресурси, розпізнавати та керувати чинниками, що впливають на витрати у планах і проектах.
- Здатність застосовувати норми державних й галузевих стандартів.
- Здатність використовувати знання в розв'язуванні завдань
- підвищення експлуатації теплоенергетичних установок та її контролювання. Здатність демонструвати розуміння, у яких царинах можна
- використовувати інженерні знання.
- Здатність застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних завдань.
- Здатність керувати проектами та оцінювати їхні результати.
- Здатність демонструвати розуміння вимог до інженерної діяльності щодо забезпечування сталого розвитку.
- Здатність створювати і вміння захищати інтелектуальну власність.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма навчання							заочна форма навчання						
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Змістовий модуль 1. Технічна термодинаміка														
Тема 1. Термодинаміка ідеального газу			3		2		15		1		2			18
Тема 2. Термодинаміка реальних робочих тіл			2		4		15				2			18
Тема 3. Термодинамічні цикли теплових машин			2		2		15		1					18
Разом за змістовим модулем 1	7	60	7		8		45	60	2		4			54
Змістовий модуль 2. Тепломасообмін, теплоенергетичні установки та енергозбереження														
Тема 1. Основи теорії тепломасообміну			4		4		15		2		2			18

Тема 2. Теплоенергетичні установки			2		2		15		1		2		18
Тема 3. Використання теплоти і холоду та енергозбереження в АПК			2		1		15		1				16
Разом за змістовим модулем 2	8	60	8		7		45	60	4		4		52
Усього	15	120	15		15			120	6		8		106

Тематичний зміст частини 3 - «Теплотехніка» комплексної навчальної дисципліни «Електротехніка, гідравліка і теплотехніка»

ВСТУП

Сучасний стан та основні напрями розвитку теплоенергетики, її роль в агропромисловому виробництві. Основні поняття, визначення, терміни частини 3 - «Теплотехніка» комплексної навчальної дисципліни «Електротехніка, гідравліка і теплотехніка». Значення та місце навчальної дисципліни в системі підготовки інженерних фахівців освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування». Види навчальної діяльності студентів та навчальних занять. Самостійна робота студентів, типи індивідуальних завдань. Форми контролю засвоєння змістових модулів. Підсумковий контроль. Рекомендована навчально-методична література.

МОДУЛЬ 1. ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА

1.1. Термодинаміка ідеального газу

Предмет термодинаміки. Методи аналізу. Закони термодинаміки. Термодинамічна система. Рівноважний стан термодинамічної системи. Параметри стану термодинамічної системи. Термічне рівняння стану ідеального газу. Газові суміші. Закони Дальтона і Амага. Парціальний тиск. Парціальний об'єм. Масова, об'ємна і молярна частки компонентів суміші ідеальних газів. Термодинамічний процес. Рівноважний і не рівноважний термодинамічні процеси. Коловий термодинамічний процес (цикл). Оборотний і необоротний термодинамічні процеси. Перший закон термодинаміки. Внутрішня енергія. Робота і теплота процесу. Еквівалентність теплоти і роботи. Робота зміни об'єму. Питома робота. Рівняння першого закону термодинаміки для закритих систем. Теплоємність. Теплоємність суміші газів. Ентальпія. Ентропія. Термодинамічна тотожність. Термодинамічні процеси ідеальних газів в закритих системах: ізохорний, ізобарний, ізотермічний, адіабатний, політропний. Відображення термодинамічних процесів в $p-v$ і $T-s$ координатах. Другий закон термодинаміки. Суть і формулювання другого закону термодинаміки. Термодинамічна ефективність теплових машин: термічний ККД, холодильний коефіцієнт. Цикл Карно. Еквівалентний цикл Карно. Узагальнений (регенеративний) цикл Карно. Зміна ентропії в оборотних і необоротних процесах. Фізична суть ентропії. Інтеграл Клаузіуса.

1.2. Термодинаміка реальних робочих тіл

Загальна характеристика реальних газів. Процеси утворення водяної пари. Діаграми $p-v$, $T-s$, $h-s$ для води і водяної пари. Параметри стану рідини і пари.

Вологе повітря. Основні характеристики вологого повітря: абсолютна і відносна вологість, вологовміст, парціальний тиск водяної пари, температура точки роси. Теплоємність вологого повітря. Ентальпія вологого повітря. Основні процеси вологого повітря (нагрівання, охолодження, адіабатне зволоження, змішування потоків різного стану) та їх відображення на $H-d$ діаграмі. Ідеальна конвективна сушарка.

Термодинаміка відкритих систем. Загальні відомості. Перший закон термодинаміки для потоку. Витікання газу і пари. Дроселювання.

Компресори. Класифікація компресорів. Термодинамічні основи компресора. Одноступінчатий поршневий компресор. Потужність для приводу компресора. Ізотермічний і адіабатний ККД. Багатоступінчатий компресор.

1.3. Термодинамічні цикли теплових машин

Прямий та зворотній цикли теплових машин. Термодинамічні цикли поршневих двигунів внутрішнього згорання. Цикли газотурбінних установок. Цикли паросилових установок. Парогазовий цикл.

Цикли холодильних установок і теплових насосів. Цикл парокомпресійної холодильної установки. Цикл абсорбційної холодильної установки. Цикл теплового насоса.

Ефективність процесів перетворення енергії. Енергія і ексергія. Ексергетичний баланс і ексергетичний ККД.

МОДУЛЬ 2. ТЕПЛОМАСООБМІН, ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

2.1. Основи теорії тепломасообміну

Види теплообміну. Основні терміни та визначення. Теплопровідність. Закон Фур'є. Диференціальне рівняння теплопровідності. Краєві умови. Стаціонарна теплопровідність одно- і багатошарової плоскої і циліндричної стінок. Теплопровідність тіл за наявності внутрішніх джерел тепла. Теплопровідність за наявності граничних умов третього роду. Теплопровідність при нестационарному режимі. Математичне та фізичне моделювання задач нестационарної теплопровідності.

Конвективний теплообмін. Загальні поняття і визначення. Закон тепловіддачі. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Гідродинаміка пограничного шару. Основи теорії подібності. Критерії подібності. Моделювання процесів конвективного теплообміну. Критеріальні рівняння для визначення коефіцієнта теплообміну при вимушеному і вільному рухах теплоносія. Теплообмін при кипінні рідини. Теплообмін при конденсації пари.

Променевий теплообмін. Основні поняття і визначення. Селективне випромінювання. Інтегральний променистий потік. Випромінювальна здатність

тіла. Спектральна густина потоку випромінювання. Поглинальна, відбивна і пропускна здатності тіл. Абсолютно чорне тіло. Ефективне і результуюче випромінювання. Закони променистого теплообміну: Планка, Віна, Стефана-Больцмана, Кірхгофа, Ламберта. Густина інтегрального випромінювання. Теплообмін випромінюванням між твердими тілами. Випромінювання газів.

Складний теплообмін. Конвективно-радіаційний теплообмін. Кондуктивно-радіаційний теплообмін. Методи інтенсифікації теплообміну: турбулізація потоку, закручування потоку, оребрення поверхонь теплообміну. Теплова ізоляція.

Тепломасообмін: масообмін, двокомпонентні середовища, закон Фіка, диференціальні рівняння тепломасопереносу, критерії подібності процесів тепломасопереносу.

Теплообмінні апарати. Класифікація теплообмінних апаратів. Розрахунок рекуперативних теплообмінних апаратів: прямотечія і протитечія, середній температурний натиск, рівняння теплового балансу, рівняння теплопередачі.

2.2. Теплоенергетичні установки

Класифікація котельних агрегатів. Основні характеристики котлоагрегатів. Принципова схема котельної установки. Конструкція і характеристики водогрійних і парових котлів невеликої потужності. Елементи конструкції котлоагрегата. Топкове устаткування. Характеристики топкових пристроїв. Пароперегрівач. Економайзер. Повітропідігрівник. Тепловий та ексергетичний баланси котла. Коефіцієнт корисної дії котла. Витрата палива. Допоміжні пристрої котельної установки.

Теплогенератори. Теплова потужність теплогенератора. Водонагрівачі. Газові опалювальні пристрої. Котли підвищеної ефективності – піролізні, конденсаційні, газогенераторні.

Двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ). Загальні відомості і класифікація. Робочий цикл ДВЗ. Поршневі ДВЗ з внутрішнім і зовнішнім сумішеутворенням. Газові двигуни. Індикаторні діаграми чотири- і двотактних ДВЗ. Комбіновані ДВЗ. Тепловий баланс і техніко-економічні показники ДВЗ: рівняння теплового балансу, індикаторна і ефективна потужності, ефективний ККД, питома витрата палива.

Теплові та атомні електричні станції. Загальні відомості і класифікація.

2.3. Використання теплоти в АПК

Тепловий режим сільськогосподарських приміщень. Теплофізичні характеристики огороджувальних конструкцій. Теплосприйняття підлоги. Вологісний режим огорожень. Повітряний режим сільськогосподарських приміщень.

Опалювання житлових, виробничих та комунально-побутових споруд на селі. Теплова потужність системи опалювання. Теплові втрати приміщення. Інфільтрація зовнішнього повітря. Схеми системи опалювання. Водяне

опалювання. Нагрівальні прилади систем водяного, парового і панельно-променистого опалення. Гаряче водопостачання. Витрати теплоти на гаряче водопостачання.

Вентиляція виробничих і комунально-побутових приміщень. Принципові схеми вентиляції. Вентиляція тваринницьких і птахівничих приміщень. Відцентрові та осьові вентилятори. Підбір вентиляційного обладнання.

Кондиціонування повітря. Системи кондиціонування. Аналіз процесу кондиціонування за допомогою *H-d* діаграми.

Підбір теплогенеруючого обладнання систем теплопостачання. Максимальна теплова потужність на зимовий період. Площа поверхні нагріву котлів. Вибір типу і кількості котлів для системи опалювання.

Застосування теплоти у спорудах захищеного ґрунту. Парники. Ангарні і блокові теплиці. Конструктивні і теплофізичні характеристики культивацийних споруд захищеного ґрунту. Способи обігріву. Попередження перегріву рослин в теплицях. Тепловий розрахунок теплиць.

Сушіння сільськогосподарських матеріалів. Загальні відомості. Фізичні властивості вологого повітря. *H-d* діаграма вологого повітря. Фізичні характеристики вологого матеріалу. Тепловий баланс сушарки. Відображення процесів сушіння на *H-d* діаграмі вологого повітря. Кінетика сушіння. Вологоперенесення в процесах сушіння. Класифікація та технологічні схеми сушарок. Основи розрахунку конвективних сушарок. Способи інтенсифікації процесу сушіння.

Зберігання сільськогосподарських продуктів. Загальна характеристика способів зберігання продуктів. Капітальні сховища. Режими зберігання. Тепловий розрахунок сховищ. Схема регулювання температури повітря в холодильній камері.

2.4. Енергозбереження та охорона довкілля

Загальні відомості. Відновлювані та нетрадиційні джерела енергії, вторинні енергетичні ресурси. Підвищення енергоефективності, як засіб охорони та збереження навколишнього середовища.

Системи енергопостачання, що використовують енергію сонячного випромінювання. Конструктивні і теплофізичні характеристики сонячних колекторів. Принципові схеми сонячного теплопостачання. Схеми геліосистем для отримання холоду.

Використання енергії вітру. Типи вітроенергетичних установок. Геотермальна енергія. Характеристика геотермальних джерел. Схеми геотермальних систем теплопостачання. Система геотермального теплопостачання із застосуванням теплових насосів.

Біоенергетичні установки. Пряме спалювання. Піроліз. Анаеробне зброджування. Газифікація біомаси. Метанове зброджування. Схеми біогазових установок. Камера зброджування. Ефективність роботи біогазових установок. Максимальна продуктивність за виходом метану і мулу. Енергетична ефективність.

Акумуляція теплової енергії. Типи теплоаккумуляторів та їх характеристики. Теплонасосні установки. Структура і принцип роботи.

Енергоефективна будівля. Схема компонентів будівлі як єдиної теплоенергетичної системи. Методи аналізу енергоефективності будівлі. Теплозахист і теплостійкість огорожувальних конструкцій. Цільова функція для енергоефективної будівлі. Вибір теплоізоляції огорожувальних конструкцій для енергоефективної будівлі.

Охорона навколишнього середовища. Загальні відомості. Способи та технічні засоби захисту навколишнього середовища від забруднень, спричинених теплоенергетичними установками.

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення теплоємності повітря.	2
2	Дослідження процесів у вологому повітрі.	2
3	Випробування поршневого компресора.	2
4	Визначення коефіцієнта теплопровідності сипучих матеріалів методом кулі.	2
5	Визначення коефіцієнта тепловіддачі від горизонтальної труби за умов вільної конвекції.	2
6	Дослідження рекуперативного теплообмінника.	2
7	Випробування холодильної установки	2
8	Визначення густини теплового потоку через плоску стінку	1

Самостійна робота

Для здобуття й розвитку необхідних фахівцю в галузі механічної інженерії навичок практичного використання методів теплового розрахунку обладнання, задіяного в технологічних процесах виробництва і переробки

сільськогосподарської продукції виконуються індивідуальні завдання. Варіанти і тематику індивідуальних завдань визначає кафедра.

Орієнтовний перелік тем індивідуальних завдань для самостійної роботи студентів

Модуль 1. Технічна термодинаміка

- 1.1. Аналіз ізохорного, ізобарного, ізотермічного, адіабатного, політропного термодинамічних процесів ідеального газу (суміші ідеальних газів).
- 1.2. Зміна параметрів вологого повітря, що рухається через ідеальну конвективну сушарку.
- 1.3. Термодинамічний розрахунок процесів дроселювання та витікання реального газу.
- 1.4. Визначити термодинамічні параметри стану робочого тіла в характерних точках ідеального циклу поршневого двигуна внутрішнього згоряння з ізохорно-ізобарним підведенням теплоти та його термічний ККД. Відобразити термодинамічний цикл в $p-v$ і $T-s$ координатах.
- 1.5. Виконати порівняльний аналіз термодинамічної ефективності різних типів ідеальних циклів поршневих ДВЗ.

Модуль 2. Тепломасообмін, теплоенергетичні установки та енергозбереження

- 2.1. Методика розрахунку рекуперативного теплообмінного апарату.
- 2.2. Виконати порівняльний (укрупнений) розрахунок системи опалення сільського приватного житлового будинку та обґрунтувати вибір необхідного теплогенеруючого обладнання.
- 2.3. Розрахунок тепловитрат на опалення та вентиляцію тваринницького приміщення.
- 2.4. Визначення теплової потужності системи опалення теплиці.
- 2.5. Тепловий розрахунок шахтної зерносушарки.
- 2.6. Визначити об'єм та розрахувати тепловий баланс реактора біогазової установки для тваринницької ферми з заданим поголів'ям.
- 2.7. Теплоенергетичний розрахунок сонячної водонагрівної установки.

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

7.1. Контрольні запитання для самопідготовки до екзамену

1. Предмет і метод термодинаміки (основні поняття та визначення).
2. Термічні та калоричні параметри стану термодинамічної системи.
3. Термічне рівняння стану ідеального газу.
4. Закони Дальтона та Амага для суміші ідеальних газів.

5. Визначення масової, об'ємної та молярної часток компонентів газової суміші.
6. Термічне рівняння стану суміші ідеальних газів.
7. Рівноважний і нерівноважний стан. Рівноважний термодинамічний процес.
8. Перший закон термодинаміки для закритих термодинамічних систем.
9. Теплоємність. Теплоємність газів.
10. Аналіз ізохорного термодинамічного процесу ідеального газу.
11. Аналіз ізобарного термодинамічного процесу ідеального газу.
12. Аналіз ізотермічного термодинамічного процесу ідеального газу.
13. Аналіз адіабатного термодинамічного процесу ідеального газу.
14. Аналіз політропного термодинамічного процесу ідеального газу.
15. Обчислення роботи та теплоти в термодинамічному процесі
16. Властивості реальних газів. Термічне рівняння стану реальних газів (Ван-дер-Ваальса).
17. Процеси пароутворення.
18. Водяна пара. Відображення процесів пароутворення води в PV, TS, hS – діаграмах.
19. Основні термодинамічні параметри води та водяної пари в процесах пароутворення.
20. Вологе повітря та його параметри, hd-діаграма вологого повітря.
21. Процеси в ідеальній конвективній сушарці.
22. Перший закон термодинаміки для потоку робочого тіла.
23. Дроселювання.
24. Витікання газу через сопла (критичний перепад тисків, сопло Лавалля).
25. Процес стискання газу в ідеальному одноступеновому поршневному компресорі.
26. Стискання в багатоступеновому компресорі.
27. Другий закон термодинаміки. Зміна ентропії у незворотних термодинамічних процесах.
28. Колові процеси. Прямий та зворотній цикли. Показники термодинамічної ефективності теплового двигуна і холодильної машини.
29. Цикл Карно (прямий, зворотній, регенеративний).
30. Максимальна робота. Ексергія.
31. Термодинамічні (ідеальні) цикли ДВЗ.
32. Цикли газотурбінних установок.
33. Цикли паросилових установок (цикл Карно, цикл Ренкіна).
34. Цикл холодильних установок.
35. Цикл теплових насосів. Показник термодинамічної ефективності теплового насоса.
36. Теплообмін. Види переносу теплоти.
37. Теплопровідність. Закон Фур'є.
38. Диференціальне рівняння теплопровідності.
39. Умови однозначності задач теплообміну.
40. Теплопровідність плоскої одношарової стінки.

41. Теплопровідність багатошарової плоскої стінки.
42. Теплопровідність циліндричної стінки.
43. Конвективний теплообмін. Закон Н'ютона-Ріхмана.
44. Подібність процесів конвективного теплообміну (критерії Re, Nu, Pr, Gr).
45. Узагальнена математична залежність конвективного теплообміну.
Рівняння М. А. Міхеєва для тепловіддачі при вільній та вимушеній конвекції.
46. Теплообмін при кипінні та конденсації.
47. Теплопередача через плоску стінку.
48. Теплопередача через циліндричну стінку.
49. Теплообмін випромінювання.
50. Інтенсифікація процесів теплопередачі.
51. Теплова ізоляція.
52. Теплообмінні апарати. Типи теплообмінних апаратів. Рекуперативний теплообмінний апарат «труба в трубі»
53. Паливо: види, склад, теплота згоряння, теплотехнічні характеристики основних компонентів, процеси горіння.
54. Котельні агрегати: класифікація, схеми, тепловий баланс, ККД топки.
55. Теплофізика с.г. будівель: термічний опір огорожувальних конструкцій, втрати теплоти через підлогу, вентиляція, опалення.
56. Гаряче водопостачання с. г. споживачів.
57. Споруди захищеного ґрунту: парники, теплиці.
58. Сушка с. г. продуктів.
59. Холодопостачання с. г. об'єктів.
60. Вторинні та відновлювані енергоресурси. Енергозбереження в АПК.

7.2. Тести для визначення рівня засвоєння знань студентами

№	Тестове запитання								
1.	Розділ теплотехніки, який вивчає процеси взаємного перетворення теплоти і роботи та властивості робочих тіл, що беруть участь у цих перетвореннях називається ... <i>(написати слова)</i> ...								
2.	До термічних параметрів стану термодинамічної системи належать: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>внутрішня енергія U, Дж</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>абсолютний тиск $p_{\text{абс.}}$, Па</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>об'єм V, м^3;</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>питомий об'єм ν. $\text{М}^3/\text{кг}$</td> </tr> </table>	1	внутрішня енергія U , Дж	2	абсолютний тиск $p_{\text{абс.}}$, Па	3	об'єм V , м^3 ;	4	питомий об'єм ν . $\text{М}^3/\text{кг}$
1	внутрішня енергія U , Дж								
2	абсолютний тиск $p_{\text{абс.}}$, Па								
3	об'єм V , м^3 ;								
4	питомий об'єм ν . $\text{М}^3/\text{кг}$								
3.	До термічних параметрів стану термодинамічної системи належать: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>внутрішня енергія U, Дж</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>абсолютний тиск $p_{\text{абс.}}$, Па</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>термодинамічна (абсолютна) температура, T, К;</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>питомий об'єм ν. $\text{М}^3/\text{кг}$</td> </tr> </table>	1	внутрішня енергія U , Дж	2	абсолютний тиск $p_{\text{абс.}}$, Па	3	термодинамічна (абсолютна) температура, T , К;	4	питомий об'єм ν . $\text{М}^3/\text{кг}$
1	внутрішня енергія U , Дж								
2	абсолютний тиск $p_{\text{абс.}}$, Па								
3	термодинамічна (абсолютна) температура, T , К;								
4	питомий об'єм ν . $\text{М}^3/\text{кг}$								

4.	До калоричних параметрів стану термодинамічної системи належать:	
	1	ентропія S , Дж/К;
	2	термодинамічна (абсолютна) температура, T , К;
	3	Ентальпія H , Дж
4	внутрішня енергія U , Дж.	
5.	Калоричний параметр, який представляє собою суму внутрішньої енергії та потенціальної енергії тиску – це <u>..(написати слово)..</u>	
6.	Параметр, диференціал якого дорівнює відношенню кількості підведеної теплоти до температури, при якій ця теплота підводиться до термодинамічної системи $\delta Q/T$ – це <u>....(написати слово)..</u>	
7.	Розставте у відповідності до одиниць вимірювання кількості ідеального газу математичні записи термічного рівняння стану:	
	Кількість ідеального газу	Форма запису рівняння стану
	А) 1 кг ідеального газу;	1) $PV = mRT$;
	В) m кг ідеального газу;	2) $PV_{\mu} = R_{\mu}T$;
С) 1 моль ідеального газу.	3) $Pv = RT$.	
8.	Чому дорівнює маса кисню в балоні об'ємом $V = 4 \text{ м}^3$ при $t = 127 \text{ }^{\circ}\text{C}$? Тиск газу по манометру 0,16 МПа, барометричний тиск 100 кПа. (відповідь – розмірне число) (питома газова стала кисню приблизно 260 Дж/(кг*К))	
9.	Чому дорівнює густина кисню в балоні об'ємом $V = 4 \text{ м}^3$ при $t = 127 \text{ }^{\circ}\text{C}$? Тиск газу по манометру 0,16 МПа, барометричний тиск 100 кПа. (відповідь – розмірне число) (питома газова стала кисню приблизно 260 Дж/(кг*К))	
10	Чому дорівнює питомий об'єм кисню в балоні об'ємом $V = 4 \text{ м}^3$ при $t = 127 \text{ }^{\circ}\text{C}$? Тиск газу по манометру 0,16 МПа, барометричний тиск 100 кПа. (відповідь – розмірне число) (питома газова стала кисню приблизно 260 Дж/(кг*К))	
11	Яке слово пропущено в реченні, що формулює 1-й закон термодинаміки: „Теплота, підведена до закритої термодинамічної системи, витрачається на зміну її внутрішньої енергії та виконання <u>...(написати слово).</u> проти зовнішніх сил”?	
12	Розставте у відповідності до фізичної величини значення, якому вона чисельно дорівнює:	
	Параметр	Чисельно дорівнює

	<p>A) універсальна газова стала;</p>	<p>1) роботі, яку виконує 1 кг ідеального газу в ізобарному термодинамічному процесі при зміні його температури на 1 К;</p>												
	<p>B) питома газова стала ідеального газу;</p>	<p>2) роботі, яку виконує 1 моль ідеального газу в ізобарному термодинамічному процесі при зміні температури газу на 1 К;</p>												
	<p>C) робота колового термодинамічного процесу;</p>	<p>3) пропорційна площі обмеженій графіком термодинамічного процесу в T-S координатах</p>												
	<p>D) теплота колового термодинамічного процесу.</p>	<p>4) пропорційна площі, обмеженій P-v графіком термодинамічного процесу P-V координатах</p>												
<p>13</p>	<p>Рівняння Майєра записується таким чином:</p>													
	<p>1 $\delta q = du + \delta l$;</p>													
	<p>2 $R = c_p - c_v$</p>													
	<p>3 $Tds = du + pdv = dh - vdp$;</p>													
	<p>4 $\delta q = Tds.$</p>													
<p>14</p>	<p>Основна термодинамічна тотожність записується такою формулою:</p>													
	<p>1 $\delta q = du + \delta l$;</p>													
	<p>2 $R = c_p - c_v$</p>													
	<p>3 $Tds = du + pdv = dh - vdp$;</p>													
	<p>4 $\delta q = Tds.$</p>													
<p>15</p>	<p>Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу його характерні ознаки:</p>													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Назва процесу</th> <th>Ознака процесу</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A) ізохорний;</td> <td>1) $t = \text{const}$;</td> </tr> <tr> <td>B) ізобарний;</td> <td>2) $ds = 0$;</td> </tr> <tr> <td>C) ізотермічний,</td> <td>3) $p = \text{const}$;</td> </tr> <tr> <td>D) адіабатний.</td> <td>4) $q = 0$;</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5) $v = \text{const}$.</td> </tr> </tbody> </table>	Назва процесу	Ознака процесу	A) ізохорний;	1) $t = \text{const}$;	B) ізобарний;	2) $ds = 0$;	C) ізотермічний,	3) $p = \text{const}$;	D) адіабатний.	4) $q = 0$;		5) $v = \text{const}$.	
Назва процесу	Ознака процесу													
A) ізохорний;	1) $t = \text{const}$;													
B) ізобарний;	2) $ds = 0$;													
C) ізотермічний,	3) $p = \text{const}$;													
D) адіабатний.	4) $q = 0$;													
	5) $v = \text{const}$.													
<p>16</p>	<p>В ізохорному термодинамічному процесі ідеального газу зміна тиску прямо пропорційна зміні його ...<u>(написати слово)</u>...</p>													
<p>17</p>	<p>В ізотермічному процесі зміна тиску ідеального газу зворотно пропорційна зміні його ...<u>(написати слово)</u>.. ..</p>													
<p>18</p>	<p>Розставте у відповідності до кількості атомів у молекулі ідеального газу чисельне значення показника адіабати:</p>													

	Газ	Показник адиабати
	А) одноатомний;	1) 1,4;
	В) двоатомний;	2) 1,29;
	С) багатоатомний.	3) 1,67.
	Д) триатомний	
19	Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу характерні особливості виконання ідеальним газом роботи:	
	Назва процесу	Особливості виконання роботи
	А) ізохорний;	1) робота виконується лише за рахунок зменшення внутрішньої енергії газу;
	В) ізотермічний,	2) газ не виконує роботи проти зовнішніх сил;
	С) адиабатний.	3) робота виконується лише за рахунок підведеної теплоти
20	Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу формули для обчислення роботи 1кг ідеального газу:	
	Назва процесу	Формула для обчислення роботи
	А) ізобарний;	1) $l = R T \ln(v_2/v_1)$;
	В) ізотермічний,	2) $l = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]$
	С) адиабатний.	3) $l = \frac{p_1 v_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]$
	Д) політропний.	4) $l = P (v_2 - v_1)$.
21	Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу характерні особливості теплообміну:	
	Назва процесу	Особливості теплообміну
	А) ізохорний;	1) процес здійснюється без теплообміну з зовнішнім середовищем;
	В) ізотермічний,	2) вся підведена теплота витрачається на збільшення внутрішньої енергії ідеального газу;
	С) адиабатний.	3) вся підведена теплота витрачається на виконання роботи проти зовнішніх сил.
22	Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу формули для обчислення теплоти 1кг ідеального газу:	
	Назва процесу	Формула для обчислення теплоти
	А) ізобарний;	1) $q = R T \ln(v_2/v_1)$;
	В) ізотермічний;	2) $q = c_n (T_2 - T_1)$;

	C) адиабатний; D) політропний.	3) $q = 0$; 4) $q = c_p (T_2 - T_1)$.
23	Яку кількість теплоти підвели до 2 кг повітря, якщо при постійному тиску воно нагрілось від температури $t_1 = 25\text{ }^\circ\text{C}$ до $t_2 = 175\text{ }^\circ\text{C}$? (відповідь – розмірне число) (ізобарна теплоємність повітря $1\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{градус})$)	
24	Рівняння Ван-дер-Ваальса записується такими чином:	
	1	$Pv = RT$
	2	$\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$
	3	$PV_\mu = R_\mu T$
	4	$PV = mRT$
25	Закон Дальтона для вологого атмосферного повітря при барометричному тиску B записується таким чином:	
	1	$B = P_{\text{сух.повітря}} + P_{\text{вод.пари}}$
	2	$B = P_{\text{сух.повітря}} / P_{\text{вод.пари}}$
	3	$B = P_{\text{сух.повітря}} * P_{\text{вод.пари}}$
	4	$B = P_{\text{сух.повітря}} - P_{\text{вод.пари}}$
26	Розставте у відповідності до стану води чисельне значення степені сухості:	
	Стан речовини	Степінь сухості x
	A) вода при температурі насичення;	1) $x = 1$;
	B) волога насичена пара;	2) $0 < x < 1$;
	C) суха насичена пара;	3) $x = 0$.
27	Яке слово пропущено в реченні: „Кількість теплоти, яку треба підвести до 1 кг насиченої рідини, щоб повністю перетворити її на пару, називається питомою теплотою(написати слова)....... ”	
28	Надкритична швидкість витікання газу може бути отримана тільки в соплі(написати назву сопла).......	
29	Поставте у відповідність до кількості атомів в молекулі газу чисельне значення критичного відношення тисків $\beta_{\text{кр}}$:	
	Газ	Показник $\beta_{\text{кр}}$
	A) одноатомний;	1) 0,546;
	B) двоатомний;	2) 0,528;
	C) трьохатомний і перегріта водяна пара.	3) 0,49.
30	Який закон визначає напрямок протікання самоплинних термодинамічних процесів ..	
31	Поставте у відповідність до формулювання II закону термодинаміки прізвище	

вчених, які є їх авторами:	
Формулювання II закону термодинаміки	Вчений
А) Некомпенсований перехід теплоти від тіла з меншою температурою до тіла з більшою температурою неможливий.	1) Карно;
В) Неможливо побудувати періодично діючу машину, яка виконує механічну роботу і відповідно охолоджує джерело теплоти.	2) Клаузіус;
С) Вічний двигун II роду неможливий.	3) Планк;
Д) Для одержання з теплоти роботи необхідно мати різницю температур.	4) Томпсон.
32	Математичним виразом другого закону термодинаміки є формула
1	$ds = dq/T$
2	$\sum q/T = 0$
3	$\oint \frac{dq}{T} \leq 0$
4	$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$
33	Поставте у відповідність до особливостей протікання робочого процесу типи теплових машин :
Робочий процес зображується в P-v – координатах:	Тип теплової машини
А) за годинниковою стрілкою;	1) двигуни внутрішнього згорання; 2) холодильні машини;
В) проти годинникової стрілки.	3) теплові насоси; 4) теплові двигуни;
34	Поставте у відповідність до прямого термодинамічного циклу формулу, за якою визначається його термічний к.к.д.:
Цикл	Термічний к.к.д.
А) довільний круговий;	1) $\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
В) цикл Карно;	2) $\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$
С) цикл Ренкіна.	3) $\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2}$
35	Поставте у відповідність до способу підведення теплоти назву термодинамічного циклу поршневого двигуна внутрішнього згорання:

	Підведення теплоти	Цикл
	А) ізобарно;	1) Отто;
	В) ізохорно;	2) Дизеля;
	С) змішано /частково ізохорно, а частково – ізобарно/.	3) Тринклера.
36	Поставте у відповідність до циклу ДВЗ формулу, за якою визначається його термічний к.к.д.:	
	Цикл	Термічний к.к.д.
	А) Отто;	1) $\eta_t = 1 - \frac{\lambda \rho^{k-1}}{\lambda^{-1} + k\lambda(\rho-1)} \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$
	В) Дизеля;	2) $\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$
	С) Тринклера.	3) $\eta_t = 1 - \frac{\rho^{k-1}}{k(\rho-1)} \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$
37	Поставте у відповідність до зворотного термодинамічного циклу формулу, за якою визначається показник його ефективності:	
	Цикл	Показник адиабати
	А) довільний зворотний цикл;	1) КПЕ = $\frac{q_1}{l}$
	В) зворотний цикл Карно;	2) $\varepsilon = \frac{1}{\frac{T_1}{T_2} - 1}$
	С) цикл теплового насосу.	3) $\varepsilon = \frac{q_2}{l}$
38	Речовина, що використовується як холодильний агент, повинна мати:	
	1	велику приховану теплоту пароутворення;
	2	великий коефіцієнт теплоємності;
	3	високу теплопровідність;
	4	низьку температуру кипіння при надлишковому тиску.
39	Розрізняють такі способи переносу теплоти:	
	1	теплопровідність;
	2	конвекція;
	3	теплопередача;
	4	випромінювання.
40	Перенос теплоти в межах одного тіла або між тілами, що перебувають у безпосередньому контакті, який здійснюється мікрочастками самих тіл називається ...	

41	Яке слово пропущено в реченні: „ <i>Конвекція – це такий вид переносу теплоти, коли теплообмін відбувається між твердою поверхнею і теплоносієм (рідиною або газом) за рахунок ... (написати слово).... елементарних об’ємів теплоносія</i> ”?	
42	Поставте у відповідність до закону теплообміну формулу, яка є його математичним записом:	
	Закон	Математичний запис
	А) Стефана-Больцмана;	1) $q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}$
	В) Фур’є;	2) $q = \alpha(t_{cm} - t_p)$
	С) Ньютона-Ріхмана.	3) $E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$
43	Поставте у відповідність до умов однозначності диференціального рівняння теплопровідності формулу, яка є математичним виразом термічного опору теплопровідності:	
	Умова	Термічний опір теплопровідності
	А) багат шарова плоска стінка при граничних умовах I роду;	1) $R_T = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$
	В) одношарова плоска стінка при граничних умовах III роду;	2) $R_T = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}$
	С) багат шарова циліндрична стінка при граничних умовах I роду;	3) $R_T = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$
	Д) багат шарова плоска стінка при граничних умовах III роду.	4) $R_T = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right)$
44	Одношарова плоска стінка, товщина якої $\delta = 4$ мм виконана із сталі ($\lambda = 40$ Вт/(м · °С)), ; температурний напір постійний і дорівнює $\Delta t_c = 1^\circ\text{C}$. Чому дорівнює щільність теплового потоку (Вт/м ²) через стінку? (<i>відповідь – розмірне число</i>)	
45	Одношарова плоска стінка, товщина якої $\delta = 400$ мм виконана з бетону ($\lambda = 1,0$ Вт/(м · °С)), ; температурний напір постійний і дорівнює $\Delta t_c = 10^\circ\text{C}$. Чому дорівнює щільність теплового потоку (Вт/м ²) через стінку? ?	
46	Одношарова плоска стінка, товщина якої $\delta = 200$ мм виконана з пінобетону ($\lambda = 0,1$ Вт/(м · °С)), ; температурний напір постійний і дорівнює $\Delta t_c = 20^\circ\text{C}$. Чому дорівнює щільність теплового потоку (Вт/м ²) через стінку?	
47	Цегляна стінка будинку товщиною 750 мм покрита зовні шаром утеплювача (мінвата товщиною 50 мм.). Температура зовнішньої поверхні стіни – 10°С , внутрішньої +10 °С . Чому дорівнює щільність теплового потоку (Вт/м ²) через	

	стінку? Коефіцієнти теплопровідності: <ul style="list-style-type: none"> • цегла – 0,75 Вт/(м · °С) ; • мінвата – 0,05 Вт/(м · °С) 										
48	Рівняння теплопередачі через одношарову плоску стінку записується таким чином: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">1</td> <td>$Q = \frac{\lambda}{\delta} F(t_{c_1} - t_{c_2})$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>$Q = \alpha F(t_p - t_c)$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>$Q = kF\Delta t_c$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>$q = -\lambda \cdot \text{grad}t$</td> </tr> </table>	1	$Q = \frac{\lambda}{\delta} F(t_{c_1} - t_{c_2})$	2	$Q = \alpha F(t_p - t_c)$	3	$Q = kF\Delta t_c$	4	$q = -\lambda \cdot \text{grad}t$		
1	$Q = \frac{\lambda}{\delta} F(t_{c_1} - t_{c_2})$										
2	$Q = \alpha F(t_p - t_c)$										
3	$Q = kF\Delta t_c$										
4	$q = -\lambda \cdot \text{grad}t$										
49	Поставте у відповідність до коефіцієнту вираз, який йому відповідає: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Коефіцієнт</th> <th>Чисельно дорівнює:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>А) теплопровідності;</td> <td>1) величині, оберненій сумарному термічному опору передачі теплоти від гарячого до холодного теплоносія;</td> </tr> <tr> <td>В) тепловіддачі;</td> <td>2) теплоті, яка за одиницю часу передається через 1 м² ізотермічної поверхні при одиничному градієнті температури;</td> </tr> <tr> <td>С) теплопередачі.</td> <td>3) теплоті, яка за одиницю часу віддається через 1 м² теплообмінної поверхні при різниці температури між поверхнею та теплоносієм 1 °С.</td> </tr> </tbody> </table>	Коефіцієнт	Чисельно дорівнює:	А) теплопровідності;	1) величині, оберненій сумарному термічному опору передачі теплоти від гарячого до холодного теплоносія;	В) тепловіддачі;	2) теплоті, яка за одиницю часу передається через 1 м ² ізотермічної поверхні при одиничному градієнті температури;	С) теплопередачі.	3) теплоті, яка за одиницю часу віддається через 1 м ² теплообмінної поверхні при різниці температури між поверхнею та теплоносієм 1 °С.		
Коефіцієнт	Чисельно дорівнює:										
А) теплопровідності;	1) величині, оберненій сумарному термічному опору передачі теплоти від гарячого до холодного теплоносія;										
В) тепловіддачі;	2) теплоті, яка за одиницю часу передається через 1 м ² ізотермічної поверхні при одиничному градієнті температури;										
С) теплопередачі.	3) теплоті, яка за одиницю часу віддається через 1 м ² теплообмінної поверхні при різниці температури між поверхнею та теплоносієм 1 °С.										
50	Поставте у відповідність до безрозмірного числа подібності його фізичний зміст: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Безрозмірне число/критерій</th> <th>Фізичний зміст</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>А) Нуссельта;</td> <td>1) відношення сил інерції до сил в'язкого тертя;</td> </tr> <tr> <td>В) Рейнольдса;</td> <td>2) відношення термічного опору теплопровідності до термічного опору тепловіддачі;</td> </tr> <tr> <td>С) Прандтля;</td> <td>3) відношення підйомної сили, що виникає в наслідок різниці густини нагрітих і холодних шарів теплоносія до сил в'язкості;</td> </tr> <tr> <td>Д) Грасгофа.</td> <td>4) міра подібності полів швидкості і температури в потоці.</td> </tr> </tbody> </table>	Безрозмірне число/критерій	Фізичний зміст	А) Нуссельта;	1) відношення сил інерції до сил в'язкого тертя;	В) Рейнольдса;	2) відношення термічного опору теплопровідності до термічного опору тепловіддачі;	С) Прандтля;	3) відношення підйомної сили, що виникає в наслідок різниці густини нагрітих і холодних шарів теплоносія до сил в'язкості;	Д) Грасгофа.	4) міра подібності полів швидкості і температури в потоці.
Безрозмірне число/критерій	Фізичний зміст										
А) Нуссельта;	1) відношення сил інерції до сил в'язкого тертя;										
В) Рейнольдса;	2) відношення термічного опору теплопровідності до термічного опору тепловіддачі;										
С) Прандтля;	3) відношення підйомної сили, що виникає в наслідок різниці густини нагрітих і холодних шарів теплоносія до сил в'язкості;										
Д) Грасгофа.	4) міра подібності полів швидкості і температури в потоці.										
51	Поставте у відповідність до безрозмірного числа подібності його математичний запис:										

	Безрозмірне число	Математичний запис
	A) Нуссельта;	1) $R_e = \frac{w \cdot l}{\nu}$
	B) Рейнольдса;	2) $Gr = \frac{gl^3}{\nu^2} \cdot \rho(t_c - t_p)$
	C) Прандтля;	3) $Pr = \nu/a$
	D) Грасгофа.	4) $Nu = \alpha \cdot l/\lambda$
52	Поставте у відповідність до назви тіла його оптичні характеристики променевого переносу енергії:	
	Тіло	Значення коефіцієнтів
	A) абсолютно біле;	1) A = 1; R = D = 0
	B) абсолютно чорне;	2) R = 1; A = D = 0
	C) абсолютно прозоре;	3) D = 1; A = R = 0
53	Поставте у відповідність до особливостей здійснення процесу теплопередачі тип теплообмінного апарату:	
	Особливості теплопередачі	Теплообмінний апарат називається
	A) дві рідини з різними температурами обмінюються теплотою через тверду стінку, що їх розділяє;	1) регенеративний
	B) одна й та сама поверхня нагріву через певні проміжки часу омивається то гарячою, то холодною рідиною;	2) змішувального типу
	C) теплообмін здійснюється при безпосередньому контакті двох рідин з різними температурами.	3) рекуперативний
54	При конструктивному розрахунку теплообмінного апарата визначають:	
	1	температурний напір;
	2	площу теплообмінної поверхні;
	3	коефіцієнт теплопередачі;
	4	конфігурацію теплообмінної поверхні.
55	При повірочному розрахунку теплообмінного апарата визначають:	
	1	температурний напір;
	2	площу теплообмінної поверхні;
	3	коефіцієнт теплопередачі;
	4	теплову потужність теплообмінного апарата
56	Поставте у відповідність до назви маси палива особливості його складу:	
	Маса палива	Склад
	A) робоча;	1) паливо без мінеральних негорючих домішок;

	В) суха;	2) паливо в тому вигляді, в якому воно доставляється до споживача;
	С) горюча.	3) паливо, що тривало висушене при температурі 105...110 °С.
57	Нижча теплота згоряння палива – це:	
	1	теплота хімічної реакції горіння;
	2	теплота, що виділяється при згорянні палива;
	3	теплота, що виділяється при повному згорянні 1 кг палива без урахування теплоти конденсації водяної пари з продуктів згоряння.;
	4	теплота, що виділяється при повному згорянні 1 кг палива з урахуванням теплоти конденсації водяної пари із продуктів згоряння.
58	Вища теплота згоряння палива – це:	
	1	теплота хімічної реакції горіння;
	2	теплота, що виділяється при згорянні палива;
	3	теплота, що виділяється при повному згорянні 1 кг палива без урахування теплоти конденсації водяної пари із продуктів згоряння.;
	4	теплота, що виділяється при повному згорянні 1 кг палива з урахуванням теплоти конденсації водяної пари із продуктів згоряння.
59	До складу котельного агрегату входять:	
	1	котел;
	2	водяний економайзер;
	3	живильна установка;
	4	топкове устаткування;
	5	пристрої контролю та автоматичного керування.
60	До допоміжного устаткування котельної належать:	
	1	пристрої контролю та автоматичного керування;
	2	топкове устаткування;
	3	тягодуттєве устаткування;
	4	пароперегрівник;
	5	паливне господарство.
61	Поставте у відповідність до типу котельної установки її призначення:	
	Тип котельної установки	Призначення
	А) стаціонарні енергетичні котельні установки	1) вироблення пари для технологічних процесів та опалення приміщень промислових підприємств;

В) промислові (виробничо-опалювальні) котельні;	2) постачання парою турбін теплових електричних станцій;
С) опалювальні котельні.	3) забезпечення роботи систем опалення та гарячого водопостачання.

7.3. Зразок екзаменаційного білета

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ											
ОС «Бакалавр» Спеціальність: 133 - "Галузеве машинобудування"	Кафедра теплоенергетики 20__-20__ н.р.	ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 0 навчальної дисципліни «Електротехніка, гідравліка і теплотехніка» частина 3 - «Теплотехніка»	«Затверджую» Зав. кафедри (підпис) 20 р.								
Запитання для письмової відповіді (максимальна оцінка 10 балів за письмову відповідь на кожне запитання)											
1. Термічні та калоричні параметри стану термодинамічної системи											
2. Теплопровідність. Закон Фур'є											
№ n/n	Тестові запитання (максимальна оцінка 10 балів за відповіді на тестові завдання)										
1	Розділ теплотехніки, який вивчає процеси взаємного перетворення теплоти і роботи та властивості робочих тіл, що беруть участь у цих перетвореннях називається <i>(написати слова)</i> ...										
2	До калоричних параметрів стану термодинамічної системи належать: <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>1</td> <td>термодинамічна (абсолютна) температура;;</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ентропія</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ентальпія;</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>внутрішня енергія.</td> </tr> </table>			1	термодинамічна (абсолютна) температура;;	2	ентропія	3	ентальпія;	4	внутрішня енергія.
1	термодинамічна (абсолютна) температура;;										
2	ентропія										
3	ентальпія;										
4	внутрішня енергія.										
3	Параметр, диференціал якого дорівнює відношенню кількості підведеної до термодинамічної системи теплоти до температури, при якій ця теплота підводиться – це <i>(написати слово)</i> ...										
4	Чому дорівнює маса O_2 в балоні об'ємом $V = 20 \text{ м}^3$ при $t = +127 \text{ }^\circ\text{C}$? (Тиск газу по манометру – 0,16 МПа, барометричний тиск – 100 кПа.) <i>(відповідь – розмірне число)</i> (питома газова стала кисню приблизно 260 Дж/(кг*К))										
5	Знайти масу 200 м^3 водню при абсолютному тискові 83,14 кПа та температурі 127 °С.										
6	Розставте у відповідності до фізичної величини значення, якому вона чисельно дорівнює:										
	Параметр	Чисельно дорівнює									
	А) універсальна газова стала;	1) роботі, яку виконує 1 моль ідеального газу в ізобарному термодинамічному процесі при зміні температури газу на 1 К;									
	В) питома газова стала ідеального газу;	2) роботі, яку виконує 1 кг ідеального газу в ізобарному термодинамічному процесі при зміні його температури на 1 К;									

	С) робота колового термодинамічного процесу;	3) пропорційна площі обмежених T-s графіком термодинамічного процесу;
	D) теплота колового термодинамічного процесу.	4) пропорційна площі, обмежених P-v графіком термодинамічного процесу.
7	Основна термодинамічна тотожність записується таким чином:	
	1	$\delta q = du + \delta l$;
	2	$Tds = du + pdv = dh - vdp$
	3	$R = c_p - c_v$
	4	$\delta q = Tds.$
8	В ізохорному термодинамічному процесі зміна абсолютного тиску ідеального газу прямо пропорційна зміні його(написати слова).....	
9	Розставте у відповідності до кількості атомів у молекулі ідеального газу чисельне значення показника адіабати:	
	Газ	Показник адіабати
	A) одноатомний;	1) 1,67
	B) двоатомний;	2) 1,29;
	C) багатоатомний.	3). 1,4;
10	Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу формули для обчислення роботи ідеального газу:	
	Назва процесу	Формула для обчислення роботи
	A) ізобарний;	1) $l = P (v_2 - v_1)$;
	B) ізотермічний,	2) $l = R(T_1 - T_2)/(k-1)$;
	C) адіабатний.	3) $l = R(T_1 - T_2)/(n - 1)$;
	D) політропний.	4) $l = R T \ln(v_2/v_1)$

7.4. Бланк відповідей на екзаменаційний білет

НУБіП України

Ф-7.5-2.1.6-25

«Бланк відповідей на білет»

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Факультет **Конструювання та дизайну**

Напрямок підготовки (спеціальність) 133- «Галузеве машинобудування»

ОС – Бакалавр _____ Курс _____ група _____

ІІБстудента _____

Дисципліна _____

Відповіді на білет № _____

№ тестового завдання	Відповіді	Кількість правильних елементів
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
Питання: 1		
Питання: 2		
Кількість правильних елементів, $K_{прав}$		
Загальна кількість еталонних елементів, $K_{заг}$		
Підсумкова оцінка тестової частини білету, $R_{aa} = \frac{K_{прав}}{K_{заг}} \cdot 10$		
Підсумкова оцінка за атестацію /тестові питання +теоретичні/		

*В таблицю переписати теоретичні питання з екзаменаційного білету.

**Розгорнуті письмові відповіді на теоретичні запитання 1 та 2 мають містити: *текст, рисунки, формули*. Писати ручкою. Використовувати аркуш А4 або здвоєний аркуш шкільного зошита.

Підпис студента _____

Підпис НПП, які проводили атестацію _____ (_____)

_____ (_____)

Дата атестації " __ " _____ 202__ р.

8. Методи навчання.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

При вивченні дисципліни «Теплотехніка» використовуються 4 групи методів навчання:

I група методів – методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

<i>Словесні</i>	<i>Наочні</i>	<i>Практичні</i>
<ul style="list-style-type: none"> • розповідь-пояснення • бесіда • лекція 	<ul style="list-style-type: none"> • ілюстрація • демонстрація 	<ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи • практичні роботи • реферати
<i>Індуктивні методи</i>		<i>Дедуктивні методи</i>
узагальнення, пов'язані із проведенням експериментів на основі розрахункових даних		розвиток абстрактного мислення для засвоєння навчального матеріалу на основі узагальнень
<i>Репродуктивні методи</i>		<i>Творчі, проблемно-пошукові методи</i>
повторення готових розв'язків завдань, або робота за готовими прикладами		самостійна, творча пізнавальна діяльність
<i>Навчальна робота студентів під керівництвом НПП</i>		<i>Самостійна робота студентів</i>

II група методів – методи стимулювання й мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

<i>методи стимулювання інтересу до навчання</i>	<i>методи стимулювання обов'язку й відповідальності</i>
<ul style="list-style-type: none"> • створення ситуації інтересу при викладанні матеріалу • пізнавальні ігри • навчальні дискусії • аналіз життєвих ситуацій 	<ul style="list-style-type: none"> • роз'яснення мети навчального предмета • вимоги до вивчення предмета (орфографічні, дисциплінарні, організаційно-педагогічні) • заохочення та покарання в навчанні

III група методів – методи контролю (самоконтролю, взаємоконтролю), корекції (самокорекції, взаємокорекції) за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності:

<i>Компетенції</i>	<i>Функції оцінювання навчальних досягнень студента</i>
<ul style="list-style-type: none"> • соціальні • полікультурні • комунікативні • інформаційні • саморозвитку та самоосвіти • компетенції, що реалізуються у прагненні та здатності до раціональної продуктивної, • творчої діяльності 	<ul style="list-style-type: none"> • контролююча; • навчальна • діагностично-коригуюча • стимулюючо-мотиваційна • виховна

IV група методів - бінарні, інтегровані (універсальні) методи.

На практиці ми інтегруємо методи різних груп, утворюючи неординарні (універсальні) методи навчання, які забезпечують оптимальні шляхи досягнення навчальної мети.

9. Форми контролю.

Оцінювання якості знань студентів, в умовах організації навчального процесу за кредитно-модульною системою здійснюється шляхом поточного, модульного, підсумкового (семестрового) контролю за 100-бальною шкалою оцінювання, за шкалою ECTS та національною шкалою оцінювання.

Проміжний контроль знань студентів здійснюється регулярно на лекційних і лабораторних заняттях шляхом їх опитування з пройденого матеріалу. Форма контролю знань із змістового модуля 1 – результати тестових завдань, виконання лабораторних робіт. Змістовий модуль 2 оцінюється за результатами виконання лабораторних робіт, тестових завдань.

Підсумковий контроль знань здійснюється на **екзамені**.

Оцінка "Відмінно" виставляється студенту, який протягом семестру систематично працював, на заліку показав різнобічні та глибокі знання програмного матеріалу, вміє вільно виконувати завдання, що передбачені програмою, засвоїв основну та знайомий з додатковою літературою, відчуває взаємозв'язок окремих розділів дисципліни, їх значення для майбутньої професії, виявив творчі здібності в розумінні та використанні навчально-програмного матеріалу, проявив здатність до самостійного оновлення і поповнення знань.

Оцінка "Добре" виставляється студенту, який виявив повне знання навчально-програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, що рекомендована програмою, показав стійкий характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення та поновлення у ході подальшого навчання та професійної діяльності.

Оцінка "Задовільно" виставляється студенту, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для

подальшого навчання та наступної роботи за професією, справляється з виконанням завдань, передбачених програмою, допустив окремі похибки у відповідях на заліку та при виконанні екзаменаційних завдань, але володіє необхідними знаннями для їх подолання під керівництвом науково-педагогічного працівника.

Оцінка "Незадовільно" виставляється студенту, який не виявив достатніх знань основного навчально-програмного матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може без допомоги науково-педагогічного працівника використати знання при подальшому навчанні, не спромігся оволодіти навичками самостійної роботи.

10. Розподіл балів, які отримують студенти.

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

Рейтинг /бали/ за шкалою ECTS	Оцінка за національною шкалою	
	екзамен	залік
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{нр}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$.

11. Методичне забезпечення

1. Підручники та посібники, зазначені у списку літератури.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.
3. Нормативні документи.
4. Таблиці, плакати, відеопрезентації лабораторних робіт.
5. Стенди, лабораторні установки.
6. Інтернет-ресурси.

12. Рекомендована література

– основна

1. Теплотехніка: підручник / [Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.А. Долінський та ін.]; за ред. Б.Х. Драганова. – [2-е вид. перероб. і доп.] – К.: «ІНКОС», 2005. – 400с.

2. Дідур В. А., Стручаєв М. І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві / За заг. ред. В. А. Дідура. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 233 с.
3. Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну, використання теплоти в сільському господарстві [О. С. Миронов, М. Р. Брижа, В. Б. Бойко., О. В. Золотовська] / – Дніпропетровськ: ТОВ «ЕНЕМ», 2011. – 424 с.
4. Музичук В. І. Теплотехніка. Лабораторний практикум. – Вінниця: ВЦ ВНАУ, 2016. – 76 с.
5. Проектування систем теплопостачання сільського господарства / [Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Міщенко А.В., Шутюк В.В.]; за ред. Б.Х. Драганова. – К.; Техніка, 2003. – 160 с.
6. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем : підруч. / [Драганов Б.Х., Іщенко В.В., Шеліманова О.В.] ; за ред. Б.Х. Драганова. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 230 с.
7. Методика дипломного проектування з теплопостачання [Текст] : навчальний посібник для студентів напрямку "Енергетика та електротехнічні системи АПК" / В. В. Чекменьов [та ін.]. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2013. – 552 с.
8. Погорелов А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): Навч. посіб. – Львів: «Новий Світ-2000», 2006. – 144 с.
9. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі та споруди») Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 244 с.

– допоміжна

10. ДСТУ 2339-94 «Енергозбереження. Основні положення».
11. ДСТУ 2420-94 «Енергозбереження. Терміни та визначення».
12. ДСТУ 4110-2002 «Енергоощадність. Методика аналізу та розрахування питомих витрат енергоресурсів» (ANSI/IEEE 739:1995, NEQ).
13. ДСТУ 2671-94 «Теплоутилізатори. Методи випробовування».
14. ДСТУ 2677-94 «Теплоутилізатори. Типи та основні параметри».
15. ДСТУ 3581-97 (ГОСТ 30517-97) «Енергозбереження. Методи вимірювання і розрахунку теплоти згоряння палива».
16. ДСТУ 3401-97 (ГОСТ 30486-97) «Енергозбереження. Методи та засоби вимірювань теплових величин. Загальні положення».
17. ДСТУ 3635-98 (ГОСТ 30604-98) «Енергозбереження. Установки теплоутилізаційні. Загальні положення».
18. ДСТУ 4035-2001 (ГОСТ 25380-2001) «Енергозбереження. Будівлі та споруди. Методи вимірювання поверхневої густини теплових потоків та визначення коефіцієнтів теплообміну між огорожувальними конструкціями та довкіллям».
19. ДСТУ 3818-98 «Енергозбереження. Вторинні енергетичні ресурси. Терміни та визначення».

20. ДСТУ 4090-2001 (ГОСТ 31188-2003) «Енергозбереження. Ресурси енергетичні вторинні. Методика визначення показників виходу та використання (ГОСТ 31188-2003, ІТД)»
21. ДСТУ 2275-93 «Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Терміни та визначення».
22. ДСТУ 3569-97 (ГОСТ 30514-97) «Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Основні положення».
23. ДСТУ 3859-99 «Енергоощадність. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Теплові насоси. «Повітря-вода» для комунально-побутового теплопостачання. Загальні технічні вимоги і методи випробувань».
24. ДСТУ 4034-2001 (ГОСТ 30757-2001) «Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Колектори сонячні плоскі. Методи випробування».

13. Інформаційні ресурси

1. <http://www.kmu.gov.ua> - Кабінет Міністрів України.
2. <http://www.portal.rada.gov.ua> – Верховна Рада України.
3. <https://mon.gov.ua/ua> – Міністерство освіти і науки України
4. <http://www.google.com.ua> - пошуковий сайт.
5. <http://www.meta.ua> - пошуковий сайт.
6. <http://nubip.edu.ua/> - головна сторінка сайту НУБіП України.
7. <https://elearn.nubip.edu.ua/login/index.php> – навчально-інформаційний портал НУБіП України
8. <https://nubip.edu.ua/node/2394> – електронна бібліотека НУБіП України.
9. <https://nubip.edu.ua/structure/nni-eae> – навчально-інформаційний портал ННІ енергетики і автоматики
10. <https://nubip.edu.ua/structure/kd> – навчально-інформаційний портал факультету конструювання та дизайну НУБіП України
11. <https://nubip.edu.ua/node/1377> – кафедра теплоенергетики на сайті НУБіП України.
12. <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1620> – дисципліна «Теплотехніка» для спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування» на навчально-інформаційному порталі НУБіП України
13. <http://www.nbuv.gov.ua/> – національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, Київ.
14. <http://ntbu.ru/> – Державна науково-технічна бібліотека країни.