


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«ПОГОДЖЕНО»

В.о. декан інженерно-енергетичного  
факультету

  
К.М. Горбунова  
« 20 » 06 2022 р.



Бабенко  
2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА**

навчальної дисципліни

**«Основи теплотехніки»**

для здобувачів вищої освіти денної форми навчання (2 курс)  
на 2022-2023 навчальний рік

Освітньо-професійна програма підготовки здобувачів вищої освіти  
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» «Молодший бакалавр»

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Кваліфікація - "молодший бакалавр з Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки "

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Курс – 2

Семестр – 3

Всього годин – 90 год./ 3,0 кредити

з них:

лекцій – 16 год./ 0,52 кредити

практичних – 30 год./ 1,0 кредити

самостійна робота – 44 год./ 1,48 кредити

Залік у 3 семестрі

Мова навчання – українська мова.

Миколаїв – 2022 рік

Робоча програма з дисципліни "Основи теплотехніки" за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» для денної форми навчання.

Програма відповідає вимогам Освітньо-професійної програми підготовки здобувачів вищої освіти «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», затвердженою Вченою радою Миколаївського національного аграрного університету 23.02.2021р. (протокол №7).

Розробники: доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Сидорика І.М.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, протокол № 14 від " 09 " травня 2022 року.

Завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки д-р техн. наук, проф.



Андрій СТАВИНСЬКИЙ

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету, протокол № 10 від " 07 " червня 2022 року.

Голова науково-методичної комісії доктор. пед. наук, доц.



Ілона БАЦУРОВСЬКА

© МНАУ, 2022 рік  
© МНАУ, 2023 рік

## 1. АНОТАЦІЯ

Робочої програми з дисципліни "Основи теплотехніки" для здобувачів вищої освіти напряму підготовки за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» для денної форми навчання.

Курс "Основи теплотехніки" представляє собою основу теоретичної підготовки за спеціальністю 141, «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Викладання дисципліни спрямовано на оволодіння фундаментальними поняттями, методами та основними принципами обчислення і будівництва теплових двигунів, транспорту і устаткування, вивчення майбутніми фахівцями теоретичних знань і практичних методів доцільного використання тепла, економії тепла і пального в сільському господарстві, ефективного використання сільськогосподарського обладнання.

Під час вивчення навчальної дисципліни «Основи теплотехніки» застосовуються інноваційні педагогічні технології навчання, які включають системний набір прийомів та засобів з організації освітньої діяльності, охоплюють процес навчання від мети до програмних результатів. У освітньому процесі використовується освітня платформа Moodle, яка дозволяє використовувати дистанційні підходи у опанування навчального матеріалу, технології Jitsi Meet, а також презентаційні матеріали та відео лекції.

Мовна підготовка у викладанні теоретичного та практичного матеріалу відбувається на державній мові, однак при застосуванні термінів і понять з іноземних джерел інформації, які стосуються тематики даної навчальної дисципліни, пояснення відбувається на іноземній мові та переводиться на державну.

*Ключові слова: термодинамічний процес, робоче тіло, об'єкт, термодинамічний цикл, теплообмін, термодинамічний коефіцієнт, холодильний коефіцієнт, ентальпія, ентропія, внутрішня енергія, енергетичні показники, теплообмінний апарат.*

## THE SUMMARY

Work program on the discipline "Basics of heat engineering" for higher education graduates in the field of specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics" for full-time education.

The course "Basics of heat engineering" is the basis of theoretical training of a specialist in the field of preparation of specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". The teaching of discipline is aimed at mastering the fundamental concepts, methods and basic principles of the calculation and construction of thermal engines, transport and equipment, the study of future experts in theoretical knowledge and practical methods of expedient use of heat, saving of heat and fuel in agriculture, and the effective use of agricultural equipment.

**Keywords:** *thermodynamic process, working fluid, object, thermodynamic cycle, heat transfer, thermodynamic coefficient, cooling coefficient, enthalpy, entropy, internal energy, energy indicators, heat exchanger.*

## 2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Основи теплотехніки»

Галузь знань – 014 «Електрична інженерія».

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський).

Освітній ступінь – «Молодший бакалавр».

Кваліфікація: Молодший бакалавр з Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Семестр – 3.

Кількість кредитів ECTS – 3,0.

Кількість змістових модулів – 2,0.

Загальна кількість годин – 90,0 год.

Види навчальної діяльності та види навчальних занять, обсяг годин та кредитів:

Лекції 16/0,52 кредитів ECTS.

Практичні заняття 30/1,0 кредитів ECTS.

Самостійна робота 44/1,48 кредитів ECTS.

Форма підсумкового контрольного заходу - залік.

Під час вивчення навчальної дисципліни застосовуються інноваційні педагогічні технології навчання, які включають системний набір прийомів та засобів з організації освітньої діяльності, охоплюють процес навчання від мети до програмних результатів. У освітньому процесі використовується освітня платформа Moodle, яка дозволяє використовувати дистанційні підходи у опанування навчального матеріалу, технології Jitsi Meet, а також презентаційні матеріали. Робоча програма щорічно оновлюється з урахуванням пропозицій усіх груп стейкхолдерів.

**Зміни у змістовному наповненні програми.** Робоча програма щорічно оновлюється з урахуванням пропозицій усіх груп стейкхолдерів та результатів опитування здобувачів вищої освіти, роботодавців та випускників ОПП 141 «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки». Також робоча програма оновлюється відповідно до робочих навчальних планів підготовки здобувачів вищої освіти Миколаївського національного університету. Оновлюються теми лекцій відповідно до розвитку досліджень та технічного рівня обладнання, яке стосується даної дисципліни.

**Передбачені неформальні освітні заходи.** Здобувачам вищої освіти пропонуються протягом вивчення дисципліни: індивідуальні завдання, участь у студентських конференціях, всеукраїнський олімпіадах та студентських наукових конкурсах, участь у вебінарах та семінарах, участь у відкритих лекціях, які проводять поза межами навчального процесу, участь в дуальній освіті. Здобувач має право самостійно обирати напрям і вид неформальних освітніх заходів. Оцінка їхніх результатів відбувається за наявності документального підтвердження (сертифікат, свідоцтво, скріншот, програма, запрошення тощо).

Перезарахування дисципліни або окремих тем відбувається за бажання здобувача на підставі нормативної внутрішньої документації та Положень МНАУ.

**Передбачені інформальні освітні заходи.** Під час вивчення навчальної дисципліни «Основи теплотехніки» застосовуються інноваційні педагогічні технології навчання, які включають системний набір прийомів та засобів з організації освітньої діяльності, охоплюють процес навчання від мети до програмних результатів. У освітньому процесі використовується освітня платформа Moodle, яка дозволяє використовувати дистанційні підходи у опанування навчального матеріалу, технології Jitsi Meet, а також презентаційні матеріали та відео лекції.

**Можливості набуття програмних результатів в умовах інклюзивної освіти.** Вхід факультету облаштовано кнопкою виклику чергового. Є відповідальні особи, які організують освітній процес (декан, заступники декана, куратор).

Можливість дистанційного (або очнодистанційного) навчання через:

- систему Moodle (<https://moodle.mnau.edu.ua/course/index.php?categoryid=15>)
- лекційний матеріал, практичні завдання, напрями наукової та творчої роботи, завдання на самостійне опрацювання);
- платформу онлайн-занять Zoom – для проведення індивідуальних практичних занять, консультацій тощо;
- електронний репозитарій МНАУ – для використання інформаційних матеріалів (<http://dspace.mnau.edu.ua/jspui>);
- аудіо- та відеоповідомлення з лекційним матеріалом, поясненням особливостей завдань та напрямками їх виконання тощо;
- спілкування через електронну пошту ([isn23490@gmail.com](mailto:isn23490@gmail.com)) та телефонний зв'язок;
- залучення до освітньо-наукових заходів в онлайн-режимі;
- індивідуальний підхід до викладення матеріалу навчальної дисципліни;
- можливість залучення до освітнього процесу куратора академічної групи та людини, яка знаходиться поряд з здобувачем вищої освіти з особливими освітніми потребами (батьки, сестра, брат та інших).

**Мовна підготовка.** Дисципліна викладається українською мовою. Водночас, з кожної теми виділено ключові слова, які здобувачі вивчають англійською мовою. При застосуванні термінів і понять з іноземних джерел інформації, які стосуються тематики даної навчальної дисципліни, пояснення відбувається на іноземній мові та переводиться на державну. Здобувачі вищої освіти мають можливість брати участь та доповідатися у вебінарах та наукових заходах на державній або англійській мові.

**Форми навчання.** Денна або зочна (дистанційна, змішана – за наказом по університету, наприклад у зв'язку із дотриманням карантинних заходів). Освітній процес реалізується у таких формах: навчальні заняття (лекційні заняття, практичні заняття, консультації), індивідуальні завдання, самостійна робота, контрольні заходи.

Методи навчання поділяються на три складові.

- за джерелом знань: виконання індивідуальних завдань, самостійна робота, практичні заняття.
- за характером навчально-пізнавальної діяльності: дискусії, студентські наукові конференції, наукова діяльність (студентські проекти наукових робіт);
- за дидактичними завданнями: методи організації навчально-пізнавальної діяльності, методи оцінки та перевірки результатів.

### 3. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Основи теплотехніки»

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Основи теплотехніки» є послідовне викладення здобувачам вищої освіти основних законів і положень теплотехніки та її розділів, встановлює взаємозв'язок між тепловими, механічними і хімічними процесами, що мають місце в теплових машинах (теплових двигунах, теплових насосах, холодильних машинах) та дає оцінку ефективності термодинамічних циклів їх роботи, вивчає процеси, що відбуваються в газах та парі, а також теплотехнічні властивості цих тіл за різних фізичних умов, розглядає питання теплообміну та прямого перетворення теплоти в електричну енергію.

**Основним завданням** навчальної дисципліни «Основи теплотехніки» є обґрунтування теорії теплових двигунів, енергетичних установок та теплотехнічного обладнання, а також набуття майбутніми інженерами-електроенергетиками необхідних теоретичних і практичних знань з теплоенергетичних апаратів.

Знання теплотехнічних апаратів є важливою основою для подальшого розуміння і засвоєння спеціальних дисциплін енергетики і електромеханіки.

Здобувач вищої освіти повинен знати:

- основні положення технічної термодинаміки;
- закони теорії тепло- і масообміну;
- методики теплових розрахунків процесів, що протікають в теплосилових установках різного призначення;
- принципи дії та конструкції теплотехнічних установок, які використовуються в сільському господарстві;
- засоби використання вторинних і поновлюваних джерел енергії; основи проектування систем тепло- та газопостачання та правила їх експлуатації.

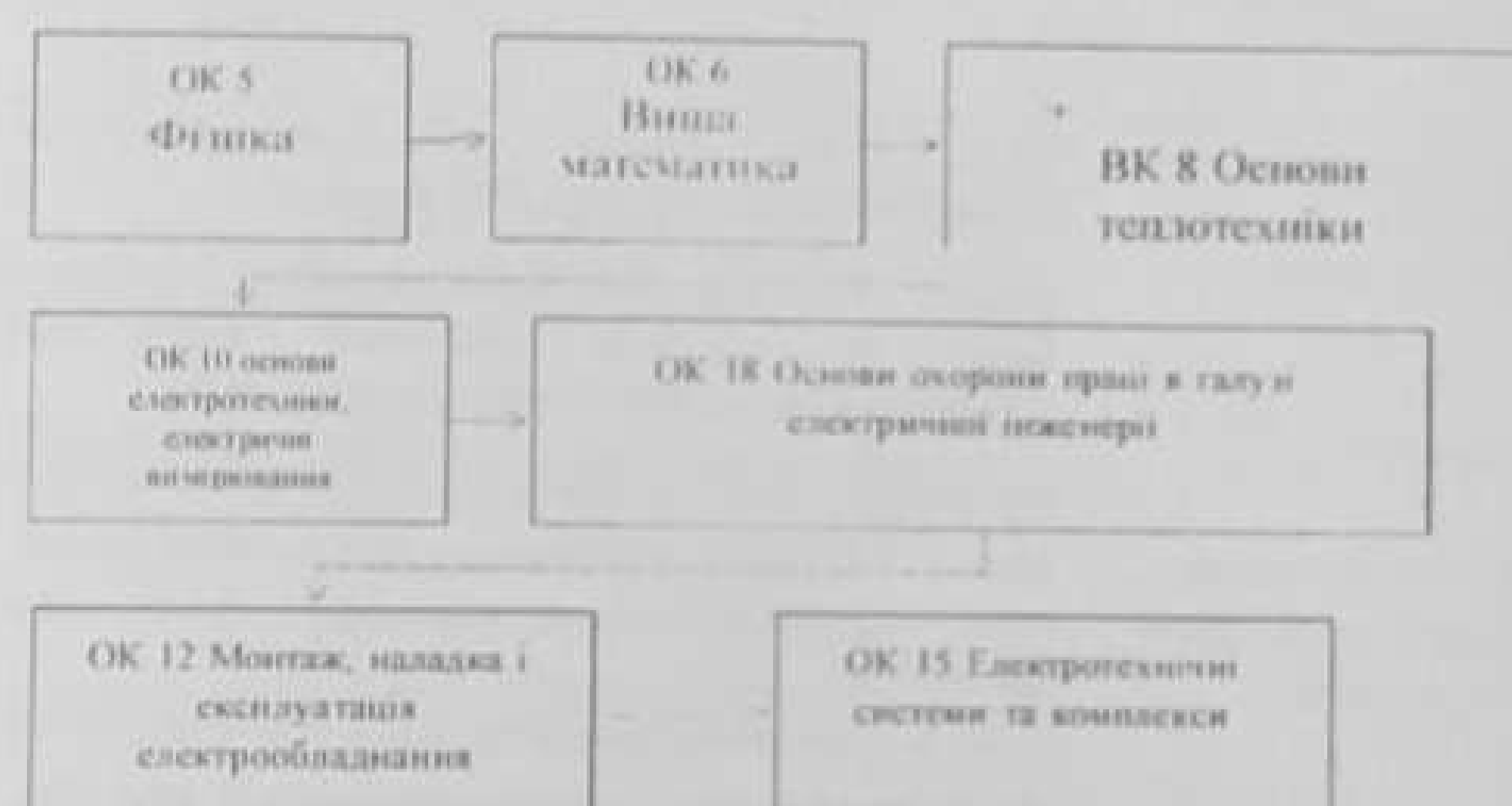
Здобувач вищої освіти повинен уміти:

- виконувати теплові розрахунки об'єктів та систем теплопостачання сільського господарства;
- вирішувати практичні завдання по монтажу та експлуатації теплогенеруючих установок та систем тепло- і газопостачання.

Таблиця 1 Компетентності здобувачів вищої освіти

Компетентності	Змістовність
Інтегральні	ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані завдання та практичні проблеми у ході професійної діяльності у галузях теплових двигунів, енергетичних установок та теплотехнічного обладнання або у процесі навчання, що передбачає застосування окремих методів та положень теплотехніки та характеризується невизначеністю умов і необхідністю врахування комплексу вимог здійснення професійної та навчальної діяльності.
Загальні	ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
	ЗК6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
	ЗК7. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
	ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
	ЗК10. Здатність працювати в команді.
Фахові	ФК4. Здатність застосовувати знання та розуміння термодинамічних процесів сільськогосподарських рослин для розв'язання виробничих технологічних задач.
	ФК5. Здатність оцінювати, інтерпретувати й синтезувати теоретичну інформацію та практичні, виробничі і дослідні дані у галузях теплотехнічного та енергетичного виробництва.
	ФК6. Здатність застосовувати методи статистичної обробки дослідних даних, пов'язаних з технологічними та селекційними процесами в теплотехніці.

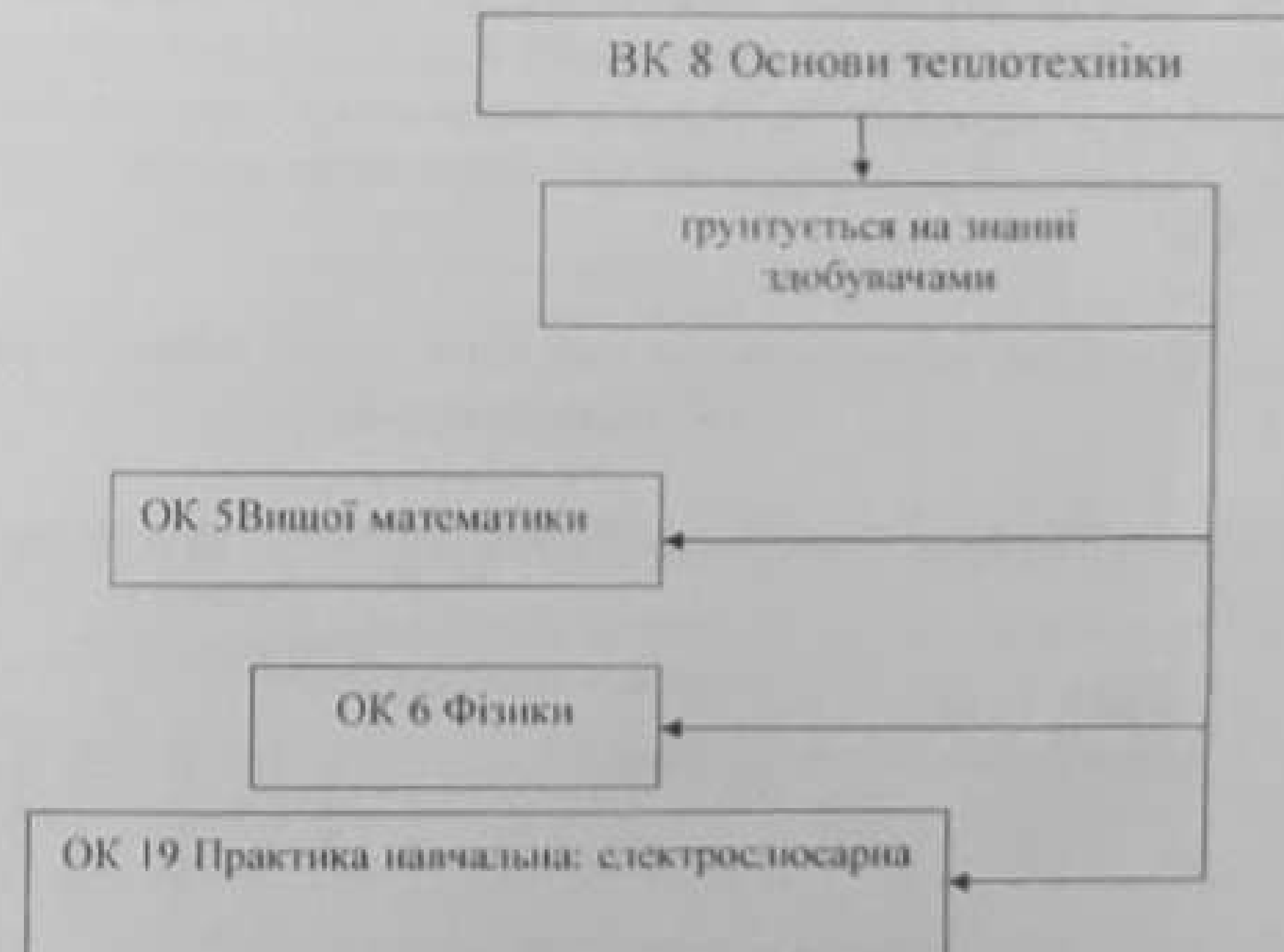
#### 4. МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ У СТРУКТУРІ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН



#### 5. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

«Основи теплотехніки»

Вказуємо перелік навчальних дисциплін, які мають бути вивчені раніше або перелік раніше досягнутих результатів навчання, які дають можливість розпочати навчання за цією дисципліною:



### 6. СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «Основи теплотехніки»

Модулі	Теми
Змістовий модуль 1 Технічна термодинаміка	Тема 1. Тема 1. Основні поняття та визначення. Ідеальний газ. Термодинамічна система. Реальний газ. Тема 2. Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз. Тема 3. Основне рівняння термодинаміки. Аналіз термодинамічних процесів ідеальних газів. Тема 4. Ізохорний, ізобарний, ізотермний і адиабатний процеси.
Змістовий модуль 2. Основи теорії тепло- і масообміну.	Тема 5. Основні положення тепло-провідності: температурне поле - стаціонарне і нестаціонарне, одно-, дво- і тривимірне. Закон Фур'є. Тема 6. Рівняння теплопередачі і теплових балансів теплоносіїв. Особливості розрахунку теплообмінних апаратів.

### 7. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### «Основи теплотехніки»

Відповідно до навчального плану спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», навчальна дисципліна «Основи теплотехніки» вивчається здобувачами вищої освіти протягом 3 семестру (2 курс освітнього ступеня бакалавр). Навчальна дисципліна «Основи теплотехніки» розрахована на 90 годин / 3,0 кредити ЕКТС (2 змістовні модулі), у тому числі теоретичний курс включає: 16 години лекцій / 0,52 кредити ЕКТС, 30 години практичних занять / 1,0 кредити ЕКТС, самостійну роботу – 44,0 годин / 1,48 кредити ЕКТС.

7.1. Загальний розподіл годин і кредитів, склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів

Таблиця 3 Розподіл освітнього часу за видами занять та контрольні заходи

Змістовні модулі курсу	Обсяг, кредити	Сума балів	Теми	Розподіл навчального часу			Термін виконання, тижднів	Терміни контрольних заходів
				лекції	практичні	самостійна робота		
Змістовний модуль 1. Технічна термодинаміка.	0,5	6,0-10,0	Тема 1. Основні поняття та визначення. Ідеальний газ. Термодинамічна система. Реальний газ.	4	6	6	2 тижднів	Поточний контроль по завершеної теми*

0,2	6,0-10,0	Тема 2. Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз.	2	4	6	4 тижднів	Поточний контроль по завершеної теми*	
0,7	6,0-10,0	Тема 3. Основне рівняння термодинаміки. Аналіз термодинамічних процесів ідеальних газів. Ізохорний, ізобарний, ізотермний і адиабатний процеси.	4	6	10	6 тижднів	Поточний контроль по завершеної теми*	
0,5	6,0-10,0	Тема 4. Другий закон термодинаміки, його зміст та формулювання. Прямий та зворотний цикли. Термічний ККД і холодильний коефіцієнт. Аналіз кругових термодинамічних процесів: прямий та еквівалентний цикл Карно.	2	4	10	8 тижднів	Поточний контроль по завершеної теми*	
Змістовний модуль 2. Основи теорії тепло- і масообміну.	0,6	6,0-10,0	Тема 5. Основні положення тепло-провідності: температурне поле - стаціонарне і нестаціонарне, одно-, дво- і тривимірне. Закон Фур'є.	2	6	6	10 тижднів	Поточний контроль по завершеної теми*
	0,5	6,0-10,0	Тема 6. Рівняння теплопередачі і теплових балансів теплоносіїв. Особливості розрахунку теплообмінних апаратів.	2	4	6	12 тижднів	Поточний контроль по завершеної теми*
Всього	3,0	36-60	x	16	30	44	x	x

## 7.2. Перелік та короткий зміст тем змістовних модулів

**МОДУЛЬ 1**

Тема 1. Основні поняття та визначення.

Предмет та метод технічної термодинаміки. Основні поняття та їх визначення. Робоче тіло. Термодинамічна система та її характерні параметри. Термодинамічний процес, його початкові та кінцеві параметри. Ідеальний газ, його характеристики. Реальний газ, його характеристики.

Тема 2. Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз.

Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз першого закону термодинаміки. Аналіз термодинамічних процесів ідеальних газів.

Тема 3. Основне рівняння термодинаміки. Аналіз термодинамічних процесів ідеальних газів. Аналіз термодинамічних процесів за допомогою P-v та T-s – діаграм. Ізохорний, ізобарний, ізотермний і адіабатний процеси. Політропний процес та його узагальнююче значення.

Тема 4. Другий закон термодинаміки. Термічний цикл.

Другий закон термодинаміки, його зміст та формулювання. Математичний вираз другого закону термодинаміки. Прямий та зворотний цикли. Термічний ККД і холодильний коефіцієнт. Аналіз кругових термодинамічних процесів: прямий та еквівалентний цикл Карно.

**МОДУЛЬ 2**

Тема 5. Основні положення теплопровідності. Закон Фур'є.

Загальні відомості з теорії тепло- і масообміну. Способи переносу теплоти: теплопровідність, конвективний теплообмін, теплове випромінювання. Температурне поле - стаціонарне і нестаціонарне, одно-, дво- і тривимірне, градієнт температури. Закон Фур'є, коефіцієнт теплопровідності.

Тема 6. Рівняння теплопередачі і теплових балансів теплоносіїв. Особливості розрахунку теплообмінних апаратів. Водяний еквівалент. Основи масообміну. Диференціальне рівняння тепломасообміну. Коефіцієнт масообміну. Числа подібності в масообміні. Аналогія процесів теплообміну і масообміну.

## 7.3. Перелік та план лекцій

**Модуль 1 Технічна термодинаміка.**

Лекція 1. Предмет та метод технічної термодинаміки. Основні поняття та їх визначення.

## План

1. Загальні відомості про термодинамічну систему, термодинамічний стан, рівноважний і нерівноважний стани.
2. Робоче тіло та його характеристики.
3. Класифікація термодинамічних систем.
4. Рівняння стану ідеального газу.

Лекція 2. Газові суміші. Закон Дальтона. Газова стала, середня молярна маса суміші газів. Робота і теплота як форми передачі енергії.

## План:

1. Умови термодинамічних процесів.
2. Енергія, робота і теплота.
3. Особливості аналітичних виразів кількості теплоти.
4. Розрахунок масової, мольної, об'ємної теплосмістності.
5. Теплосмістність сталого об'єму суміші газів.

Лекція 3. Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз першого закону термодинаміки. Дві форми запису в диференціальному вигляді. Основне рівняння термодинаміки.

## План.

1. Аналіз термодинамічних процесів ідеальних газів.
2. Умови термодинамічних процесів: ізохорного, ізобарного, ізотермічного і адіабатного, політропний процес.

Лекція 4. Другий закон термодинаміки, його зміст та формулювання. Прямий та зворотний цикли. Термічний ККД і холодильний коефіцієнт. Аналіз кругових термодинамічних процесів.

## План

1. Умови прямого та зворотного циклів Карно.
2. Зміна ентропії в ізольованій та неізольованій термодинамічній системі.
3. Математичний вираз II закону термодинаміки.
4. Роботоздатність термодинамічної системи.

Лекція 5. Термодинамічні властивості і процеси реальних газів. Загальні властивості реальних газів. Процеси пароутворення. Основні поняття і визначення.

## План

1. Рівняння стану реального газу.

2. Діаграми P-V, T-S, H-S для води і водяної пари.
3. вологе повітря, абсолютна вологість, відносна вологість, вологовміст.
4. Густина, ентальпія, нагрівання, охолодження, адіабатне зволоження.

Лекція 6. Термодинаміка потоку газів і пари. Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Витікання газів і пари із звукувального сопла, швидкість витікання, масові витрати.

План

1. Критична швидкість витікання газу.
2. Класичне та комбіноване сопло Лавалю.
3. Процеси витікання водяної пари в T-S діаграмі.

Лекція 7. Дроселювання газів. Сутність процесу. Диференціальний дросель-ефект. Температура інверсії. Процес дроселювання в h-s діаграмі.

План

1. Сутність процесу дроселювання газів.
2. Особливості процесу дроселювання в h-s діаграмі.

Лекція 8. Термодинамічний аналіз процесів у компресорах. Процеси стиснення в ідеальному компресорі. Робота компресора. Багатоступінчасте стиснення. Зображення процесів стиснення в P-V і T-S діаграмах.

План

1. Особливості циклів теплових двигунів, термодинамічна ефективність циклів.
2. Сутність термічного ККД циклів, порівняння циклів

Лекція 9. Цикли паросилових установок. Принципова схема паросилової установки. Цикл Ренкіна, його зображення в P-V і T-S діаграмах.

План

1. Особливості циклу паросилової установки - циклу Ренкіна.
2. Сутність термодинамічних основ теплофікації.

Лекція 10. Цикли холодильних установок і теплових насосів. Принципова схема і цикл парокомпресорної холодильної установки.

План

1. Сутність холодильного коефіцієнту.
2. Принципова схема та цикл теплового насоса, коефіцієнт перетворення теплоти.

## Модуль 2. Основи теорії тепло- і масообміну.

Лекція 11. Загальні відомості з теорії тепло- і масообміну. Способи переносу теплоти: теплопровідність, конвективний теплообмін, теплове випромінювання

План

1. Основні положення теплопровідності.
2. Способи переносу теплоти: теплопровідність, конвективний теплообмін, теплове випромінювання.
3. Температурне поле - стаціонарне і нестаціонарне, одно-, дво- і тривимірне, градієнт температури

Лекція 12. Конвективний теплообмін. Закон Ньютона-Ріхмана.

План

1. Сутність коефіцієнту тепловіддачі, термічного опору тепловіддачі.
2. Диференціальне рівняння конвективного теплообміну.

Лекція 13. Основи теорії подібності. Моделювання. Тепловіддача за різних умов руху рідини і обтікання тіл.

План

1. Сутність теплообміну під час зміни агрегатного стану робочого тіла.
2. Сутність теплообміну під час кипіння, коефіцієнт тепловіддачі.

Лекція 14. Рівняння теплопередачі і теплових балансів теплоносіїв. Водяний еквівалент.

План

1. Особливості розрахунку теплообмінних апаратів.
2. Види теплового розрахунку теплообмінників.
3. Конструктивний розрахунок теплообмінника.

Лекція 15. Основи масообміну. Основні положення.

План

1. Сутність молекулярного переносу маси.
2. Густина потоку маси, закон Фіка.

Лекція 16. Диференціальне рівняння тепломасообміну. Коефіцієнт масообміну.

План

1. Числа подібності в масообміні.
2. Аналогія процесів теплообміну і масообміну.
3. Потоки переносу маси і енергії.



## 7.4. Темі практичних занять.

Таблиця №4. Перелік тем практичних занять.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
<b>Модуль 1. Технічна термодинаміка.</b>			
1.	Предмет та метод технічної термодинаміки. Основні поняття та їх визначення. Робоче тіло. Термодинамічна система та її характерні параметри. Термодинамічний процес, його початкові та кінцеві параметри. Ідеальний газ, його характеристики. Реальний газ, його характеристики.	4	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
2.	Ентальпія продуктів згорання і повітря Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз. Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз першого закону термодинаміки. Аналіз термодинамічних процесів ідеальних газів.	6	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
3.	Основне рівняння термодинаміки. Аналіз термодинамічних процесів ідеальних газів. Аналіз термодинамічних процесів за допомогою P-v та T-s – діаграм. Ізохорний, ізобарний, ізотермічний і адиабатний процеси. Політропний процес та його узагальнююче значення	6	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
4.	Другий закон термодинаміки. Термічний цикл. Другий закон термодинаміки, його зміст та формулювання. Математичний вираз другого закону термодинаміки. Прямий та зворотний цикли. Термічний ККД і холодильний коефіцієнт. Аналіз кругових термо-динамічних процесів: прямий та еквівалентний цикл Карно.	4	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
<b>Модуль 2. Основи теорії тепло- і масообміну.</b>			
5.	Основні положення теплопровідності. Закон Фур'є. Загальні відомості з теорії тепло- і масообміну. Способи переносу теплоти: теплопровідність,	6	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.

	конвективний теплообмін, теплове випромінювання. Температурне поле - стаціонарне і нестаціонарне, одно-, дво- і тривимірне, градієнт температури. Закон Фур'є, коефіцієнт теплопровідності.		
6.	Тема 6. Рівняння теплопередачі і теплових балансів теплоносіїв. Особливості розрахунку теплообмінних апаратів. Водяний еквівалент. Основи масообміну. Диференціальне рівняння тепломасообміну. Коефіцієнт масообміну Числа подібності в масообміні. Аналогія процесів теплообміну і масообміну.	4	Письмовий або усний захист практичної роботи за результатами розрахунків та відповідей на контрольні питання.
Разом:		30	

## 7.5 Темі, форма контролю та перевірки завдань, які винесені на самостійне обов'язкове опрацювання.

Самостійна робота здобувачів вищої освіти містить у собі:

1. Вивчення теоретичного курсу за конспектом лекцій та поглиблена переробка матеріалу за рекомендованою літературою.

2. Підготовку і розв'язання практичних задач.

Обсяг самостійної роботи – 44 годин – передбачено та узгоджено з годинами, що виділяються деканатом факультету з сумарного бюджету часу здобувача вищої освіти.

Робота здобувачів вищої освіти над теоретичним курсом перевіряється за рахунок тестів, при виконанні та захисту лабораторних робіт, а також на консультаціях.

Здобувачі вищої освіти, які не виявляють активності у самостійній роботі, викликаються на консультації, запрошуються на засідання кафедри, їх прізвища повідомляються у деканат факультету.

Таблиця №5

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Завдання
1	Основні поняття та визначення. Ідеальний газ. Термодинамічна система. Реальний газ.	6	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
2	Перший закон термодинаміки. Аналітичний вираз.	8	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.
3	Основне рівняння термо-динаміки. Аналіз термодинамічних процесів ідеальних газів.	8	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційний зошит. Виконати порівняльний аналіз з іноземними джерелами.

4	Ізотермічний, ізобарний, ізохорний і адиабатний процеси.	6	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційній зошит. Виконати порівняльний аналіз з інтегрованими джерелами.
5	Основні положення теплопровідності; температурне поле - стаціонарне і нестационарне; одно-, дво- і тривимірне. Закон Фур'є.	8	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційній зошит. Виконати порівняльний аналіз з інтегрованими джерелами.
6	Рівняння теплопередачі і теплових балансів теплоносія. Особливості розрахунку теплообмінних апаратів.	8	Опрацювати додатковий теоретичний матеріал за даною тематикою, та законспектувати в лекційній зошит. Виконати порівняльний аналіз з інтегрованими джерелами.
Разом:		44	

Таблиця 6. Форма перевірки та оцінювання завдань самостійної роботи

№	Модуль*	Кількість заходів	Оцінка в балах		Сума балів	
			min	max	min	max
1.	Самостійна та індивідуальна робота, есе, виступи-доповіді на студентських наукових конференціях МНАУ.	3	1,0	3,0	3,0	9,0
	змістовний модуль перший	1	1,0	3,0	1,5	4,5
	змістовний модуль другий	1	1,0	3,0	1,5	4,5
	Разом за змістовними модулями (семестр)	x	x	x	3,0	9,0
Разом					3,0	9,0

#### 7.6. Наукова робота здобувачів вищої освіти

Під час вивчення навчальної дисципліни «Основи теплотехніки» здобувачі вищої освіти мають можливість прийняти участь у неформальних освітніх заходах та підготувати тез наукові доповіді, щодо обраної тематики дослідження на студентських науково-теоретичних конференціях які проводять на базі університету:

- Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології»;
- Студентська науково-теоретична конференція «Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу країни»;
- Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції «Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку».

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підготовку індивідуальних робіт у вигляді тез доповідей щодо досліджуваних питань. За результатами наукової роботи та участі у студентських науково-теоретичних конференціях готуються збірки тез доповідей, які представлено на сайті університету.

#### Питання для складання іспиту з дисципліни «Основи теплотехніки» для здобувачів вищої освіти

##### Модуль 1.

1. Основні параметри стану робочого тіла в термодинаміці.
2. Робота, виконана газом при зміні його об'єму.
3. Внутрішня енергія газу.
4. Робота розширення-стиску.
5. Робота та теплота.
6. Перший закон термодинаміки.
7. Ентальпія.
8. Ентропія.
9. Другий закон термодинаміки.
10. Рівняння стану ідеального газу.
11. Теплоємність газу: масова, об'ємна, при сталому тиску та об'ємі.
12. Об'ємні та масові частки суміші.
13. Уявна молярна маса газової суміші.
14. Обчислювання теплоти в термодинамічному процесі.
15. Середня теплоємність газу в інтервалі температур.
16. Рівняння Майєра.
17. Фізичне тлумачення універсальної газової сталої.
18. Обчислення термодинамічних параметрів при політ розпному процесі.
19. Обчислення термодинамічних параметрів при Адиабатичному процесі.
20. Обчислення термодинамічних параметрів при Ізохорному процесі.

##### Модуль 2.

21. Основи сушіння сільськогосподарських продуктів.
22. Форма зв'язку вологи з тілом.
23. Основні характеристики вологих тіл та агентів сушіння.
24. Рівновага вологого матеріалу з сушильним агентом.
25. Ізотерми сорбції та десорбції.
26. Кінетика процесу сушіння.
27. Матеріальний та тепловий баланс сушіння сільськогосподарських продуктів.
28. Способи сушіння.
29. Класифікація сушарок с/г продуктів.
30. Активне вентильовання.
31. Технологія сушіння.
32. Тепловий розрахунок конвективного сушіння.
33. Контроль та регулювання процесу сушіння.
34. Типи сховищ с/г продуктів та їх характеристика.
35. Зберігання с/г продуктів в регульованому газовому середовищі.
36. Розрахунок тепла в сховищі.
37. Способи заготівлі звичайного льоду.
38. Класифікація холодильних машин.
39. Застосування холоду в сільськогосподарському виробництві.
40. Застосування насосу в сільськогосподарському виробництві.

### 8. ФОРМА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ, КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗНАТЬ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ З ДИСЦИПЛІНИ «Основи теплотехніки»

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти під час практичних занять та виконання самостійних завдань проводиться за такими критеріями:

- 1) обсяг володіння та розуміння навчального матеріалу;
- 2) вільне, самостійне та аргументоване викладання теоретичного матеріалу та його пояснення під час усних виступів і письмових відповідей на питання;
- 3) здатність до аналізу самостійно вивченого матеріалу;
- 4) розуміння, ступінь засвоєння, та використання професійної та наукової термінології;
- 5) вчасна здача та оформлення звітів з практичних робіт.

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти за дисципліни «Основи теплотехніки» за якою відповідно до навчальних планів передбачено іспит, здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю знань.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння навчального матеріалу, забезпечення зворотного зв'язку між викладачем і студентом у формі усного опитування, письмового експрес-контролю, комп'ютерного тестування, вироблення навичок проведення розрахункових завдань, умінь працювати в команді, умінь опрацьовувати тексти, здатність осмислити теми чи розділи, умінь публічно чи письмово представити певний матеріал (презентацію) тощо.

Завданням підсумкового контролю є перевірка розуміння здобувачем вищої освіти програмного матеріалу в цілому, логіки та взаємозв'язків між окремими розділами, здатності творчого використання накопичених знань, уміння сформулювати своє ставлення до певної проблеми навчальної дисципліни та виконувати індивідуально-дослідницьку роботу за проблемою, що розглядається в дисципліні.

З навчальної дисципліни «Основи теплотехніки», оцінювання рівня знань здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю, завдання поточного контролю оцінюються в 60 балів, а завдання, що виконується на підсумковий контроль – 40 балів.

Таблиця 7 Форма поточного та підсумкового контролю знань

№	Змістові модулі	Кількість заходів	Оцінка в балах		Сума балів	
			min	max	min	max
	Змістовий модуль 1.	x	x	x	x	x
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	5	3	4	15	20
2.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	2	6	2	6

3.	Самостійна робота, тези, доповіді на студентських конференціях.	1	1	4	1	4
	Разом за змістовим модулем 1	x	x	x	18	30
	Змістовий модуль 2.	x	x	x	x	x
1.	Виконання практичних робіт, аналітична оцінка	5	3	4	15	20
2.	Проміжний контроль по завершенню модулю	1	2	6	2	6
3.	Самостійна робота, тези, доповіді на студентських конференціях.	1	1	4	1	4
	Разом за змістовим модулем 2	x	x	x	18	30
	<b>Разом за семестр</b>				<b>36</b>	<b>60</b>
	<b>Екзаменаційна робота</b>				<b>24</b>	<b>40</b>

Підсумковий контроль знань здійснюється шляхом складання письмового іспиту. До іспиту допускається здобувач вищої освіти, який виконав всю форму поточного контролю знань (див. табл. 7).

Після отримання здобувачем вищої освіти оцінки за поточний контроль знань, заведеною вище таблицею, проводиться іспит за одним варіантом в письмовій формі. Класична схема завдання: три теоретичні питання, за модулями 1 – 2. Здобувач вищої освіти письмово відповідає на запитання, поставлені в завданні і отримує екзаменаційну оцінку за наступними критеріями:

– Оцінка "5" є найвищим балом. Її ставлять здобувачу вищої освіти за свідомо і обгрунтовану відповідь на всі запитання, з якої видно, що він вмів логічно викладати думку, самостійно користуватися теоретичним матеріалом і підготовлений до застосування набутих занять на практиці, а саме: міцне засвоєння і вільне користування теоретичним матеріалом при виконанні завдання; вміння самостійно виконувати задачі і вкладатися у відведений час; немає порушень у виборі методів рішення та позначанні величин.

– Оцінка "4" є показником доброї успішності. Її ставлять здобувачу вищої освіти коли він поглиблено знає матеріал, передбачений робочою програмою з дисципліни, але при вщповщі допустив незначні недоліки. Достатньо міцно засвоїв прийоми вирішення задач згідно з завданням. Проявив вміння самостійно їх виконувати при незначній допомозі викладача. Немає порушень у виборі методів рішення та позначанні величин.

– Оцінка "3" є позитивною оцінкою. Її ставлять здобувачу вищої освіти, коли він розбирається у вивченому матеріалі і має певну суму знань, умінь та навичок. Нетверде засвоєння деякого теоретичного матеріалу. Мають місце окремі порушення у виборі методів рішення та позначання величин під час вирішення задач. Недостатня самостійність в роботі

– Оцінка "2" - незадовільна. Її ставлять здобувачу вищої освіти, коли він не засвоїв основний матеріал, який вивчався. Низький рівень засвоєння основних прийомів вирішення задач та несамостійність їх виконання.

Таблиця 8. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти, та шкала оцінювання - залік

Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 - 100	A	зараховано (відмінно)
82 - 89	B	зараховано (добре)
75 - 81	C	зараховано (добре)
64 - 74	D	зараховано (задовільно)
60 - 63	E	зараховано (задовільно)
35 - 59	FX*	не зараховано з можливістю повторного складання 2 (незадовільно)*
0 - 34	F*	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни 2 (незадовільно)*

\*Оцінки FX та F у заліковій книжці здобувача вищої освіти не виставляється відповідно до Положення про організацію освітнього процесу у МНАУ.

#### 9. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЧЕННЯ, ЯКЕ ПЕРЕДБАЧЕНО НАВЧАЛЬНОЮ ДИСЦИПЛІНОЮ.

З метою поширення знань щодо застосування дистанційних технологій у освітньому процесі було запроваджено програмний продукт, який дозволяє значно розширити можливості спілкування усіх учасників освітнього процесу. Програмний продукт встановлено на освітній платформі Moodle, до якої мають доступ усі учасники освітнього процесу. Jitsi — комунікаційний клієнт, що підтримує здійснення голосових викликів, відеодзвінків і обмін миттєвими повідомленнями. З сервісних функцій можна відзначити організацію телеконференцій, запис розмов, надання віддаленого доступу до робочого столу, передача файлів, повідомлення про пропущені виклики, імпорт адресної книги Google Contacts, використання фільтрів. Організації відеоконференцій підтримується на базовому рівні. Можливо створювати багатопрокольні телеконференції, в яких можуть брати участь користувачі різних мереж, об'єднати різні дзвінки в телеконференцію.

Jitsi Meet - це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом для відеоконференцій зв'язку. Програмний продукт має суттєву кількість переваг. Маємо надію на зручне та корисне його використання у освітньому процесі та організації різних видів online заходів. Особливої актуальності набуває питання у контексті карантинних обмежень, які спонукають до широкого використання різних видів online технологій у освітньому процесі.

Під час викладання навчальної дисципліни «Організація і методика економічного аналізу» використовуються усі можливості освітньої платформи

Moodle. Проводяться тематичні наукові заходи різників рівнів, семінари та вебінари за участі зовнішніх стейкхолдерів, у тому числі потенційних роботодавців.

#### 10. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ Базова

1. Драганов Б.Х. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. М.: Агропромвидат, 2018, 463 с.
2. Захаров А.А. Використання теплоти в сільському господарстві. 3-тє вид. перер. і доповнене. М.: Агропромвидат, 2016.
3. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві. Посібник / В.А. Дідур, М.І. Стручачев // За загальною редакцією проф. В.А. Дідура. – Київ : Аграрна освіта, 2017. – 233 с.
4. Драганов Б.Х. та ін. Теплотехніка: Підручник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Київ: Фірма "ІНКОС", 2017. – 400 с.
5. Малярєнко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс: Навчальний посібник. – 2-е видання X: «Видавництво САГА», 2018. – 320 с.

#### Додаткова

1. Курсове проектування по теплотехніці та використання теплоти в сільському господарстві. Навчальний посібник для вузів (Драганов Б.Х., Ковальов С.А. та інш., під редакцією Драганова Б.Х., М.: Агропромвидат, 1991, 176 с.
2. Люхін М.С., Сидоренко Ф.Т. Основи теплотехніки. М.: Агропромвидат, 2017 Р, 149 с.
3. Вукалович М.П., Ривкін С.А., Александров А.А. Таблиці теплофізичних властивостей води та водяної пари. М.: Видавництво стандартів, 1969 р.

#### Інформаційні ресурси

1. <http://www.mnau.edu.ua>
2. <http://lib.mnau.edu.ua/>
3. <http://www.nbu.gov.ua/>

#### II. ДОСТУП ДО МАТЕРІАЛІВ

Матеріали з навчальної дисципліни узагальнено у освітній платформі Moodle за посиланням — <https://moodle.mnau.edu.ua/course/view.php?id=883>

Бібліотека Миколаївського національного аграрного університету за посиланням — <https://lib.mnau.edu.ua/>.

Репозитарій Миколаївського національного аграрного університету за посиланням — <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/>

Офіційні сайти для збору та обробки інформації (інтернет джерела).

Робочу програму розробив

канд. техн. наук.

Сидорика І.М.  
(прізвище та ініціали)