

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
до самостійного вивчення дисципліни

**ТЕРМОДИНАМІКА ТА ТЕПЛОМАСООБМІН**  
**В УСТАНОВКАХ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

*(для студентів усіх форм навчання  
спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
освітньої програми «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2019**

Методичні рекомендації до самостійного вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка та тепломасообмін в установках альтернативної енергетики» (для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньої програми «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. Н. О. Сабалаєва. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 17 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. Н. О. Сабалаєва

Рецензент

**А. Г. Сосков**, доктор технічних наук, професор кафедри альтернативної електроенергетики та електротехніки Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою альтернативної електроенергетики та електротехніки, протокол № 11 від 27 травня 2018 р.*

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1 Мета та завдання дисципліни. Місце дисципліни у навчальному процесі .....	4
Розділ 2 Модуль 1 Термодинаміка .....	5
ЗМ 1.1 Основні поняття і визначення термодинаміки .....	5
ЗМ 1.2 Перший та другий закони термодинаміки .....	6
ЗМ 1.3 Термодинамічні системи. ....	7
Розділ 3 Модуль 2 Тепломасообмін в установках альтернативної енергетики .....	9
ЗМ 2.1 Тепломасообмін. Основні поняття та визначення .....	10
ЗМ 2.2 Теплопровідність та теплопередача .....	11
ЗМ 2.3 Конвективний теплообмін та теплообмін випромінюванням. Теплообмінні апарати .....	12
Розділ 4 Шкала оцінювання і методи оцінювання знань .....	14
Список рекомендованих джерел .....	16

## ВСТУП

Ці методичні рекомендації підготовлені на основі робочої програми дисципліни «Термодинаміка та тепломасообмін в установках альтернативної енергетики», які вивчаються у рамках вибіркового блоку «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії», для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньою програмою «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії».

## РОЗДІЛ 1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРА

**Метою** вивчення дисципліни є підготовка фахівців, які володітимуть теоретичними знаннями та розрахунковими методиками щодо аналізу, побудови та розуміння закономірностей, що протікають у термодинамічних системах при перетворенні теплоти в механічну роботу і навпаки, а також навичками кількісної та якісної оцінки характеристик цих процесів та володіти сучасними методиками розрахунку основних термодинамічних циклів та оцінки їх ефективності, виконання теоретичного обґрунтування застосування знань у галузі теплотехніки студентами спеціалізованих дисциплін. Пізнання студентами теоретичних та практичних основ розрахунку теплових процесів, що протікають у технічних системах, засвоєння методик та умінь з конструювання теплоперетворювальних систем і окремих їх елементів, моделювання процесів теплопередачі та їх дослідження.

**Завданням** вивчення дисципліни є формування у студентів належного рівня знань про незворотні процеси взаємного перетворення теплової та механічної енергії, теоретичні закономірності цих процесів та галузі прикладного застосування їх стосовно вирішення практичних інженерних задач. Завданням також є засвоєння теоретичних та практичних підходів до побудови термодинамічних циклів й оволодіння знаннями про фізичну природу процесів передачі теплоти при вирішенні задач тепломасообміну, вивчення та розвиток вмінь стосовно особливостей процесів переносу теплоти в енергетичних системах, що дозволить застосовувати їх для розрахунку характеристик теплотехнічного обладнання та вдосконалення експлуатаційних показників теплових процесів діючих промислових технологій.

**Кінцевим результатом** вивчення дисципліни є здатність розраховувати та аналізувати термодинамічні системи шляхом використання математичного апарату; оперувати теоретичними знаннями, що лежать в основі перетворення теплоти на інші види енергії та навпаки в енергетичних перетворювачах і

системах; здатність до подальшого застосування отриманих теоретичних знань при вирішенні задач тепломасообміну в інженерній практиці; використання сучасних програмних комплексів при моделюванні теплових схем та їх складових елементів, аналізувати отримані результати та пошук шляхів вдосконалення енергогенеруючих систем; здатність до вдалого вивчення наступних спеціальних дисциплін.

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є основні засади і закони термодинаміки, теплові процеси, що протікають у технічних системах, методики конструювання тепло перетворювальних систем і окремих їх елементів, процеси теплопередачі та їх дослідження.

Дисципліна «Термодинаміка та тепломасообмін в установках альтернативної енергетики» базується на курсах вищої математики, фізики, В свою чергу, вона є базисом для вивчення вітроенергетики, біоенергетики, сонячної теплоенергетики, водневої енергетики.

## **РОЗДІЛ 2 МОДУЛЬ 1 ТЕРМОДИНАМІКА**

Термодинаміка є основою для вивчення студентами таких професійних дисциплін: вітроенергетики, біоенергетики, сонячної теплоенергетики, водневої енергетики. Вивчається у 3 семестрі (згідно з діючою освітньо-професійною програмою «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії», 2017 р.)

Упродовж вивчення даного модуля передбачаються такі види занять: лекцій: 2 години, практичних занять: 1 година на тиждень, самостійна робота: 45 годин на семестр (у розрахунку та 15-тижневий семестр), індивідуальні завдання: РГР. Форма підсумкового контролю: диференційований залік.

Модуль 1 складається з таких змістових модулів:

ЗМ 1.1 Основні поняття і визначення термодинаміки;

ЗМ 1.2 Перший та другий закони термодинаміки;

ЗМ 1.3 Термодинамічні системи.

### **2.1 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.1 Основні поняття і визначення термодинаміки**

У ЗМ 1.1 Передбачено вивчення таких тем:

**Тема 1.1.1** Основні задачі термодинаміки. Поняття термодинамічної системи. Робоче тіло. Параметри стану. Рівноважні і нерівноважні стани та термодинамічні процеси.

**Тема 1.1.2** Рівняння стану ідеального та реального газів. Існуючі рівняння визначення термодинамічних властивостей робочих тіл. Основні диференціальні рівняння термодинаміки.

**Тема 1.1.3** Внутрішні та зовнішні параметри стану.

**Тема 1.1.4** Побудова термодинамічних циклів з урахуванням фазових переходів.

Після вивчення ЗМ 1.1 студент повинен **знати**:

- що вивчає термодинаміка;
- основні поняття термодинаміки;
- визначення термодинамічної системи.;
- що таке робоче тіло;
- які існують параметри стану;
- що таке рівноважні і нерівноважні стани;
- визначення термодинамічних процесів;
- рівняння стану ідеального та реального газів.
- диференціальні рівняння термодинаміки;
- внутрішні та зовнішні параметри стану.
- побудову термодинамічних циклів.

### **Залікові запитання**

1. Що таке термодинаміка, назвіть її основні задачі і цілі вивчення
2. Дайте визначення термодинамічній системі
3. Що розуміють під робочим тілом в термодинаміці?
4. Дайте характеристику рівноважним і нерівноважним станам.
5. Дайте характеристику термодинамічним процесам.
6. Рівняння стану ідеального та реального газів
7. Рівняння визначення термодинамічних властивостей робочих тіл.
8. Наведіть основні диференціальні рівняння термодинаміки.
9. Охарактеризуйте внутрішні та зовнішні параметри стану.
10. Порядок побудови термодинамічних циклів з урахуванням фазових переходів.

## **2.2 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.2 Перший та другий закони термодинаміки**

У ЗМ 1.2 Передбачено вивчення таких тем:

**Тема 1.2.1** Сутність першого закону термодинаміки. Аналітичне викладення першого закону термодинаміки.

**Тема 1.2.2** Еквівалентність теплоти і роботи. Термодинамічні процеси (цикли).

**Тема 1.2.3** Сутність та формулювання другого закону термодинаміки.

**Тема 1.2.4** Прямі та зворотні цикли. Термодинамічні цикли теплових та холодильних машин.

**Тема 1.2.5** Термічний ККД і холодильний коефіцієнт термодинамічної системи.

Цикл Карно і його термодинамічне значення. Інтеграл Клаузіуса, ентропія. Аналітичний вираз другого закону термодинаміки.

**Тема 1.2.6** Поняття ексергії. Ексергетичні втрати та методи їх розрахунку. Ексергетичний баланс і термодинамічна ефективність теплоенергетичних установок.

Після вивчення ЗМ 1.2 студент повинен **знати**:

- формулювання першого закону термодинаміки та його аналітичне викладення;
- формулювання другого закону термодинаміки та його аналітичне викладення;
- у чому полягає еквівалентність теплоти і роботи;
- визначення термодинамічних процесів (циклів);
- формулювання другого закону термодинаміки;
- визначення прямих та зворотних циклів;
- визначення термодинамічних циклів теплових та холодильних машин;
- визначення термічного ККД і холодильного коефіцієнту термодинамічної системи;
- що таке цикл Карно і його термодинамічне значення;
- визначення інтеграла Клаузіуса, ентропії;
- аналітичний вираз другого закону термодинаміки;
- поняття ексергії. Ексергетичні втрати та методи їх розрахунку;
- ексергетичний баланс і термодинамічна ефективність теплоенергетичних установок.

### **Залікові запитання**

1. Наведіть формулювання першого закону термодинаміки. Аналітичне викладення першого закону термодинаміки.

2. У чому полягає еквівалентність теплоти і роботи.

3. Наведіть формулювання другого закону термодинаміки та його сутність.

4. Дайте характеристику прямим та зворотнім циклам.
5. Охарактеризуйте термодинамічні цикли теплових та холодильних машин.
6. Дайте характеристику термічному ККД.
7. Що таке холодильний коефіцієнт термодинамічної системи.
8. Цикл Карно і його термодинамічне значення. Інтеграл Клаузіуса, ентропія. Аналітичний вираз другого закону термодинаміки.
9. Дайте визначення ексергії. Ексергетичні втрати та методи їх розрахунку.
10. Дайте характеристику ексергетичному балансу і термодинамічній ефективності теплоенергетичних установок.

### **2.3 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.3 Термодинамічні системи**

У ЗМ 1.3 передбачено вивчення таких тем:

**Тема 1.3.1** Процес стискання в компресорах. Ізотермічне, адіабатне і політропне стискання. Багатоступінчасте стискання.

**Тема 1.3.2** Цикли двигунів внутрішнього згоряння, принцип дії та їх аналіз.

**Тема 1.3.3.** Цикли газотурбінних установок, принцип дії та їх аналіз.

**Тема 1.3.4** Цикли паросилових установок. Цикл Ренкіна та його аналіз. Проміжний перегрів пари, початкові та кінцеві параметри пари циклу Ренкіна. Теплофікація. Бінарні цикли.

**Тема 1.3.5** Холодильні цикли. Цикл повітряної холодильної установки. Цикли парокомпресійної, пароежекторної, абсорбційної та термоелектричної холодильних установок. Принцип роботи теплового насоса.

Після вивчення ЗМ 1.3 студент повинен **знати:**

- цикли двигунів внутрішнього згоряння;
- цикли газотурбінних установок;
- цикли паросилових установок;
- цикл Ренкіна та його аналіз;
- проміжний перегрів пари, початкові та кінцеві параметри пари циклу Ренкіна;
- визначення теплофікації;
- визначення бінарного циклу;
- визначення холодильних циклів;
- визначення і особливості циклу повітряної холодильної установки;



– визначення циклів парокомпресійної, пароежекторної, абсорбційної та термоелектричної холодильних установок.

### **Залікові запитання**

1. У чому полягає процес стискання в компресорах.
2. Ізотермічне, адіабатне і політропне стискання.
3. Що таке багатоступінчасте стискання?
4. У чому полягає принцип дії двигунів внутрішнього згоряння?
5. У чому полягає принцип дії та аналіз роботи газотурбінних установок.
6. Дайте характеристику холодильним циклам.
7. Дайте характеристику циклу повітряної холодильної установки.
8. Дайте характеристику циклам парокомпресійної, пароежекторної, абсорбційної та термоелектричної холодильних установок.
9. У чому полягає принцип роботи теплового насоса?

## **РОЗДІЛ 3 МОДУЛЬ 2 ТЕПЛОМАСООБМІН В УСТАНОВКАХ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

Упродовж цього модуля вивчається теорія теплообміну, основні положення теорії теплопровідності, конвективний теплообмін та теплообмін випромінюванням, теплообмінні апарати.

Модуль «Тепломасообмін в установках альтернативної енергетики» є основою для вивчення студентами таких професійних дисциплін: вітроенергетики, біоенергетики, сонячної теплоенергетика, водневої енергетики. Вивчається у 4 семестрі (згідно з діючою освітньо-професійною програмою «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії», 2017 р.)

Упродовж вивчення даного модуля передбачаються такі види занять: лекцій: 2 години, практичних занять: 1 година на тиждень, самостійна робота: 99 годин на семестр (у розрахунку та 17-тижневий семестр) Курсова робота.. Форма підсумкового контролю: екзамен.

Модуль 2 складається з таких змістових модулів:

ЗМ 2.1 Тепломасообмін. Основні поняття та визначення

ЗМ 2.2 Теплопровідність та теплопередача.

ЗМ 2.3 Конвективний теплообмін та теплообмін випромінюванням. Теплообмінні апарати.

### **3.1 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.1 Тепломасообмін. Основні поняття та визначення**

У ЗМ 2.1 Передбачено вивчення таких тем:

**Тема 2.1.1** Теорія теплообміну. Значення теорії теплообміну при конструюванні теплосилових установок. Класифікація видів теплообміну.

**Тема 2.1.2** Основні поняття, визначення і положення. Кількість теплоти, тепловий потік, щільність теплового потоку.

**Тема 2.1.3** Теплообмін при фазових перетвореннях.

**Тема 2.1.4** Масообмін. Молекулярна дифузія. Конвекційний масообмін. Масовіддача.

Після вивчення ЗМ 2.1 студент повинен **знати**:

- основні поняття теорії теплообміну;
- значення теорії теплообміну при конструюванні теплосилових установок;
- класифікація видів теплообміну;
- основні визначення і положення теорії теплообміну;
- визначення кількості теплоти;
- визначення теплового потоку;
- визначення щільності теплового потоку;
- процеси теплообміну при фазових перетвореннях;
- поняття масообміну;
- поняття молекулярної дифузії;
- процес конвекційного масообміну;
- визначення масовіддачі.

#### **Залікові запитання**

1. Наведіть основні поняття теорії теплообміну.
2. Значення теорії теплообміну при конструюванні теплосилових установок.
3. Основні положення теорії теплообміну.
4. Наведіть класифікацію видів теплообміну.
5. Дайте визначення кількості теплоти.
6. Дайте визначення тепловому потоку.
7. Дайте визначення щільності теплового потоку.
8. Характеризуйте процеси теплообміну при фазових перетвореннях.
9. Дайте визначення поняттю масообміну.
10. Що таке процес молекулярної дифузії? На чому він базується?

11. Що таке процес конвекційного масообміну? На чому він базується?
12. Дайте визначення масовіддачі.

### **3.2 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.2 Теплопровідність та теплопередача**

У ЗМ 2.2 передбачено вивчення таких тем:

**Тема 2.2.1** Основні положення теорії теплопровідності. Коефіцієнт теплопровідності.

**Тема 2.2.2** Теплопровідність та теплопередача при вільному і примусовому русі рідини. Ламінарна та турбулентна течія робочого тіла і теплообмін. Розрахункові рівняння.

**Тема 2.2.3** Передача тепла через плоску стінку в стаціонарних умовах. Передача тепла через циліндричну стінку. Розрахункові рівняння подоби. Тепловіддача за умови поперечного омивання одиночних пучків труб при їх коридорному та шаховому розташуванні. Розрахункові рівняння.

**Тема 2.2.4** Коефіцієнт тепловіддачі. Провідники теплоти. Теплоізоляційні матеріали. Критичний діаметр теплової ізоляції.

Після вивчення ЗМ 2.2 студент повинен **знати**:

- основні положення теорії теплопровідності;
- визначення коефіцієнта теплопровідності;
- визначення теплопровідності при вільному і примусовому русі рідини.
- визначення теплопередачі при вільному і примусовому русі рідини.
- визначення процесу ламінарної та турбулентної течії робочого тіла і його теплообміну;
- розрахункові рівняння процесу ламінарної та турбулентної течії робочого тіла;
- процес передачі тепла через плоску стінку в стаціонарних умовах.
- процес передачі тепла через циліндричну стінку.
- розрахункові рівняння подоби.
- процес тепловіддачі за умови поперечного омивання одиночних пучків труб при їх коридорному та шаховому розташуванні.

#### **Залікові запитання**

1. Наведіть та поясніть основні положення теорії теплопровідності.
2. Дайте визначення коефіцієнта теплопровідності.
3. Дайте визначення теплопровідності при вільному і примусовому русі рідини.
4. Дайте визначення теплопередачі при вільному і примусовому русі рідини.

5. Дайте визначення процесу ламінарної та турбулентної течії робочого тіла і його теплообміну.

6. Наведіть розрахункові рівняння процесу ламінарної та турбулентної течії робочого тіла.

9. Характеризуйте процес передачі тепла через пласку стінку в стаціонарних умовах.

10. Характеризуйте процес передачі тепла через циліндричну стінку.

11. Наведіть розрахункові рівняння подоби.

12. У чому полягає процес тепловіддачі за умови поперечного омивання одиночних пучків труб при їх коридорному та шаховому розташуванні. 13. Наведіть розрахункові рівняння процесу тепловіддачі за умови поперечного омивання одиночних пучків труб при їх різному розташуванні.

14. Дайте визначення коефіцієнту тепловіддачі, провідників теплоти, теплоізоляційних матеріалів, критичного діаметру теплової ізоляції.

### **3.3 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.3 Конвективний теплообмін та теплообмін випромінюванням. Теплообмінні апарати**

У ЗМ 2.3 передбачено вивчення таких тем:

**Тема 2.3.1** Основні положення та фізична сутність конвективного теплообміну. Диференціальні рівняння теплообміну. Місцевий та середній коефіцієнти тепловіддачі.

**Тема 2.3.2** Основи теорії подібності та моделювання фізичних явищ. Основні визначення. Теореми подібності. Критеріальні рівняння. Метод моделювання.

**Тема 2.3.3** Подібність процесів конвективного теплообміну.

**Тема 2.3.4** Загальні поняття і визначення. Баланс променистого теплообміну.

Захист від випромінювання. Екранні поверхні нагріву. Променистий теплообмін в топках і камерах згоряння.

**Тема 2.3.5** Теплообмінні апарати, їх призначення, принцип дії та класифікація. Методика розрахунку основних характеристик теплообмінних апаратів.

Конструктивні та повіркові теплові розрахунки, основи гідродинамічного розрахунку теплообмінних апаратів. Порівняння прямого та протитоку. Сучасні високоефективні теплообмінники.

Після вивчення ЗМ 2.3 студент повинен **знати**:

– основні положення та фізична сутність конвективного теплообміну;

- диференціальні рівняння теплообміну;
- місцевий та середній коефіцієнти тепловіддачі;
- основи теорії подібності та моделювання фізичних явищ;
- основні визначення теореми подібності;
- критеріальні рівняння;
- метод моделювання;
- подібність процесів конвективного теплообміну;
- загальні поняття і визначення;
- баланс променистого теплообміну;
- захист від випромінювання;
- екранні поверхні нагріву;
- променистий теплообмін в топках і камерах згоряння;
- призначення теплообмінних апаратів, їх принцип дії та класифікація;
- методика розрахунку основних характеристик теплообмінних апаратів;
- конструктивні та повіркові теплові розрахунки, основи гідродинамічного розрахунку теплообмінних апаратів. Порівняння прямого і протитоку;

### **Залікові запитання**

1. У чому полягає фізична сутність конвективного теплообміну?
2. Наведіть та проаналізуйте диференціальні рівняння теплообміну.
3. Місцевий та середній коефіцієнти тепловіддачі.
4. Наведіть основи теорії подібності та моделювання фізичних явищ?
5. У чому полягає метод моделювання;
6. Проаналізуйте баланс променистого теплообміну.
7. У чому полягає суть захисту від випромінювання?
8. Проаналізуйте процес променистого теплообміну в камерах згоряння?
9. Наведіть призначення теплообмінних апаратів, їх принцип дії.
10. Порядок розрахунку основних характеристик теплообмінних апаратів.
11. У чому полягають конструктивні та повіркові теплові розрахунки?
12. Наведіть основи гідродинамічного розрахунку теплообмінних апаратів.
13. Дайте порівняльну характеристику прямого і протитоку;
14. Принцип дії сучасних високоефективних теплообмінників.

## РОЗДІЛ 4 ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ

### 4.1 Методи контролю

При проведенні контролю якості отриманих знань передбачено проведення тестування; контрольних робіт, підсумковий контроль у вигляді екзамену і диференційного заліку, що проводиться у письмовій формі за теоретичними запитаннями та задачею.

Розподіл балів за темами, які отримують студенти протягом навчання, та шкала оцінювання наведені в таблицях 4.1–4.4.

Таблиця 4.1 – Розподіл балів за темами модуля 1

Поточна атестація та самостійна робота									
ЗМ 1.1				ЗМ 1.2					
T111	T112	T113	T114	T121	T122	T123	T124	T125	T126
4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
15				15					
45									

Продовження таблиці 4.1

Поточна атестація та самостійна робота					РГР	Підсумковий контроль (диф. залік)	Сума
ЗМ 1.3							
T131	T132	T133	T134	T135	25	30	100
3	3	3	3	3			
15							

Таблиця 4.2 – Розподіл балів за темами модуля 2

Поточна атестація та самостійна робота							
ЗМ 2.1				ЗМ 2.2			
T211	T212	T213	T214	T221	T222	T223	T224
5	5	5	5	6	6	6	7
20				25			
70							

Продовження таблиці 4.2

Поточна атестація та самостійна робота					Підсумковий контроль (екзамен)	Сума
ЗМ 2.3						
T231	T232	T233	T234	T235	30	100
5	5	5	5	5		
25						

Таблиця 4.3 – Розподіл балів за виконання курсової роботи  
«Розрахунок теплообмінних апаратів енергетичних установок»

Хід виконання роботи	Оформлення та захист роботи				Сума
	Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Презентація	Захист проекту (роботи)	
Розділ 1 Тепловий та конструктивний розрахунок теплообмінних апаратів.					
60	10	10	10	10	100
60	40				

Таблиця 4.4 – Шкала оцінювання знань студентів

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС
90-100	Відмінно	A
82-89	Добре	B
74-81		C
64-73	Задовільно	D
60-63		E
35-59	Незадовільно з можливістю повторного складання	FX
0-34	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

### *Базова література*

1. Кириллин В. А. Техническая термодинамика / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – 4-е изд. – М. : Энергоатомиздат. – 1983. – 414 с.
2. Базаров И.П. Термодинамика: Учебник. 5-е изд., стер. / И.П. Базаров. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 384 с. – ISBN 978-5-8114-1003-3.
3. Сапожников С. З. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / С. З. Сапожников, Э. Л. Китанин. – СПб : Изд-во СПбГТУ, 1999. – 319 с. – ISBN 5-7422-0098-6.
4. Техническая термодинамика и теплотехника: учеб. пособие для вузов / Л. Т. Бахшиена, Б. П. Кондауров, А. А. Захарова, В. С. Салтыкова. – 2-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 272 с. – ISBN 978-5-7695-4999-1.
5. Сборник задач по технической термодинамике / [Т. Н. Андрианова, Б. В. Дзампов, В. Н. Зубарев, С. А. Ремизов]. – М. – Л.: Энергия, 1961. – 200 с.
6. Жуховицкий Д. Л. Сборник задач по технической термодинамике учебное пособие / Д. Л. Жуховицкий. – 2-е изд. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 98 с. – ISBN 5-89146-520-0.
7. Цветков Ф. Ф. Тепломассобмен : учебник для вузов / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – М. : Издательский дом МЭИ, 2011. – 562 с. – ISBN 978-5-383-00563-7.
8. Воскресенский В. Ю. Тепломассобмен. Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников энергетических специальностей вузов / В. Ю. Воскресенский. – 4-е изд. – М. : Высш. шк., 1990. – 63 с.
9. Дульнев Г. Н. Основы теории тепломассообмена / Г. Н. Дульнев, С. В. Тихонов. – СПб. : СПбГУИТМО, 2010. – 93 с.

### *Допоміжна література*

1. Кудинов В. А. Техническая термодинамика. Учеб. пособие для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. – М. : Высш. шк., 2000. – 261 с. – ISBN 5-06-003712-6.
2. Готовский М. А. Тепломассообмен в технологических установках ЦБП : учеб. пособие / М. А. Готовский, В. А. Суслов. – СПб. : СПб ГТУ РП, 2010. – 88 с. – ISBN 5-230-14398-3.
3. Готовский М. А. Тепломассообмен в технологических установках ЦБП, часть 2 : учеб. пособие / М. А. Готовский, В. А. Суслов. – СПб. : СПб ГТУ РП, 2011. – 123 с. – ISBN 978-5-91646-045-2.



4. Бухмиров В. В. Тепломассообмен : учеб. пособие / В. В. Бухмиров. – Иваново: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2014. – 360 с.

*Виробничо-практичне видання*

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до самостійного вивчення дисципліни

## **ТЕРМОДИНАМІКА ТА ТЕПЛОМАСООБМІН В УСТАНОВКАХ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

*(для студентів усіх форм навчання  
спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,  
освітньої програми «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»)*

Укладач **САБАЛАЄВА** Наталія Олегівна

Відповідальний за випуск *Я. Б. Форкун*

*Редактор В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2019, поз. 218 М.

---

Підп. до друку 21.02.2019. Формат 60×84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,0.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.