


**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра теплоенергетики



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Декан факультету харчових технологій  
та якості продукції  
Лариса БАЛЬ-ПРИЛИПКО  
«14» 06 2023 р.

**«СХВАЛЕНО»**  
на засіданні кафедри теплоенергетики  
Протокол № 5 від «14» червня 2023 р.  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Євген АНТИПОВ

**«РОЗГЛЯНУТО»**  
Гарант ОП  
«Харчові технології»  
 Олександр САВЧЕНКО

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ТЕПЛОТЕХНІКА»**  
(назва навчальної дисципліни)

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва напрямку підготовки)

Спеціальність 181 - «Харчові технології»  
(шифр і назва спеціальності)

Освітня програма «Харчові технології», скорочений термін навчання  
(назва спеціалізації)

Розробник: канд. техн. наук, доц. Тарасенко С.Є.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

## 1. Опис навчальної дисципліни

### Теплотехніка

(назва)

Освітній ступінь, галузь знань, спеціальність, освітня програма		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	181 – «Харчові технології»	
Освітня програма	освітньо-професійна	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5,0	
Кількість змістових модулів	3,0	
Форма контролю	Іспит	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	1-й (с.т.)	-
Семестр	2-й	-
Лекційні заняття	15 год.	-
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	45 год.	-
Самостійна робота	90 год.	-
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	-

## 2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни – засвоєння майбутніми інженерами-технологами теоретичних основ термодинаміки, теорії тепломасообміну, раціонального використання енергоресурсів і захисту навколишнього середовища.

Завдання дисципліни – вивчення дисципліни полягає у створенні теоретичної бази для вивчення студентами спеціалізованих питань теплової обробки харчових продуктів, сушіння продукції м'ясо-молочного напрямку, технологій їх переробки тощо.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- основи технічної термодинаміки;
- основні положення теорії тепломасообміну;
- теплові процеси в теплоенергетичних установках та системах;

- методи та технічні засоби використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії;
- законодавчу базу, методи та технічні засоби енергозбереження в теплотехнологіях.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **вміти**:

- виконувати базові теплотехнічні розрахунки різноманітних технологічних процесів та систем теплопостачання;
- застосовувати сучасні технології при проектуванні теплоенергетичних установок різного призначення, зокрема для теплової обробки харчових продуктів;
- під час вибору та/або проектування теплоенергетичного обладнання використовувати сучасні спеціалізовані комп'ютерні програми для числового моделювання;
- здійснювати техніко-економічне обґрунтування прийнятих інженерних рішень щодо доцільності застосування того чи іншого технологічного процесу та/або системи теплопостачання.

Набуття компетентностей:

<b>Загальні компетентності</b>	ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу та встановлення взаємозв'язків між процесами
	ЗК 2	Здатність до застосовування концептуальних і базових знань, розуміння предметної області і професії технолога
	ЗК 3	Здатність здійснювати усну і письмову комунікацію професійного спрямування державною мовою
	ЗК 4	Навички використання інформаційно-комунікаційних технологій для пошуку, обробки, аналізу та використання інформації з різних джерел
	ЗК 5	Цінування та повага до різноманітності та мультикультурності
	ЗК 6	Здатність діяти на основі етичних міркувань, соціально-відповідально і свідомо
<b>Фахові (спеціальні) компетентності</b>	ПК 1	Розуміння суті і змісту основ теплофізичних процесів, які протікають в термодинамічному та в сучасному теплотехнічному обладнанні
	ПК 2	Використовувати логічне мислення, зокрема, для визначення теплофізичних властивостей речовин і фазових переходів та проведення теплотехнічних розрахунків обладнання
	ПК 3	Здатність будувати і тлумачити графіки, схеми, діаграми, креслення теплотехнічного обладнання
	ПК 4	Тлумачити теоретичні основи теплових процесів і пристроїв, в яких відбувається перетворення теплової енергії в механічну або електричну, що дозволить успішно вирішувати завдання, що стоять перед фахівцем в процесі виробничої діяльності
	ПК 5	Працювати в групі людей, співпрацювати з іншими групами, залучати ширшу громадськість до розв'язування проблем збереження довкілля

	ПК 6	Вирішувати питання з вибору найбільш раціональних та економічних технологічних режимів; сучасного апаратного оформлення технологічних процесів
	ПК 7	Обґрунтовувати основні проблеми науково-технічного розвитку сучасної енергетики, що грає вирішальну роль в матеріальному виробництві
	ПК 8	Мати уявлення про методи інтенсифікації теплових процесів
	ПК 9	Уміння використовувати основні напрями економії енергоресурсів в харчовій промисловості та основні види вторинних енергоресурсів в професійній діяльності

### 3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

- скороченого терміну денної форми навчання.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	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	
<b>Змістовий модуль 1. Технічна термодинаміка</b>														
Тема 1. Перший закон термодинаміки	п	18	2		6		10							
Тема 2. Термодинамічні процеси в реальних газах і парах	н	18	2		6		10							
Тема 3. Другий закон термодинаміки та цикли теплових двигунів	п	18	2		6		10							
Разом за змістовим модулем 1		54	6		18		30							
<b>Змістовий модуль 2. Основи теорії тепломасообміну</b>														
Тема 4. Теплопровідність	н	18	2		6		10							
Тема 5. Конвективний теплообмін. Теплообмін випромінюванням	п	28	2		6		20							
Разом за змістовим модулем 2		46	4		12		30							
<b>Змістовий модуль 3. Теплоенергетичні установки. Застосування теплоти в сільському господарстві</b>														
Тема 6.	н	28	2		6		20							

Теплопередача. Теорія теплообмінних апаратів												
Тема 7. Котельні агрегати. Сушильні установки. Поновлювані джерела енергії	п	22	3		9		10					
Разом за змістовим модулем 3		50	5		15		30					
Усього годин		150	15		45		90					

#### 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 при атмосферному тиску	6
2	Дослідження процесів у вологому повітрі	6
3	Випробування поршневого компресора	6
4	Визначення коефіцієнта теплопровідності сипучих матеріалів методом кулі	6
5	Визначення коефіцієнта тепловіддачі від горизонтальної труби при вільній конвекції	6
6	Визначення коефіцієнта теплопередачі теплообмінного апарата	6
7	Дослідження процесу конвективного сушіння	9

## 7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Термодинамічні процеси в ідеальних газах і парах	10
2	Третій закон термодинаміки та цикли теплових двигунів	10
3	Теплоємність	10
4	Способи теплопередачі	10
5	Використання теплоти в сільському господарстві	10
6	Поновлювальні джерела енергії	10

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

1. Наука, яка вивчає процеси перетворення енергії природних джерел в теплову, механічну, електричну енергію, а також будову технічних пристроїв, які беруть участь у цих перетвореннях – це ....

2. До термічних параметрів термодинамічної системи належать:

1	температура $T$ ,
2	абсолютний тиск $p_{\text{абс.}}$ ,
3	об'єм $V$ ;
4	питомий об'єм $v$ .

3. До калоричних параметрів термодинамічної системи належать:

1	ентропія $s$ ;
2	температура $T$ ;
3	ентальпія $h$ ;
4	внутрішня енергія $u$ .

4. Калоричний параметр, який представляє собою суму внутрішньої енергії та потенціальної енергії тиску – це ....

5. Розставте у відповідності до одиниць вимірювання кількості ідеального газу математичні записи рівняння стану:

Кількість ідеального газу	Форма запису рівняння стану
А) 1 кг ідеального газу;	1) $PV = mRT$ ;
В) $m$ кг ідеального газу;	2) $PV_{\mu} = \mu RT$ ;
С) 1 моля ідеального газу.	3) $Pv = RT$ .

6. Знайти масу  $1 \text{ м}^3$  водню при тиску  $0,6 \text{ МПа}$  та температурі  $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

7. Знайти масу  $1 \text{ м}^3$  повітря при тиску  $0,5 \text{ МПа}$  та температурі  $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

8. Знайти масу  $1 \text{ м}^3$  кисню при тиску  $0,26 \text{ МПа}$  та температурі  $227 \text{ }^\circ\text{C}$ .

9. Кількість теплоти, яку треба підвести (або відвести) до одиниці речовини для того, щоб її температура змінилась на  $1$  градус, чисельно дорівнює ...

10. „Теплота, підведена до термодинамічної системи, витрачається на зміну її внутрішньої енергії та виконання роботи проти зовнішніх сил ” – це формулювання ...

11. Розставте у відповідності до фізичної величини значення, якому вона чисельно дорівнює:

Параметр	Чисельно дорівнює
А) універсальна газова стала;	1) роботі, яку виконує $1 \text{ кг}$ ідеального газу в ізобарному процесі при зміні його температури на $1 \text{ К}$ ;
В) газова стала для даного газу;	2) роботі, яку виконує $1 \text{ моль}$ ідеального газу в ізобарному процесі при зміні його температури на $1 \text{ К}$ ;
С) робота термодинамічного процесу;	3) площі під кривою процесу в $Ts$ - координатах;
Д) теплота термодинамічного процесу.	4) площі під кривою процесу в $Pv$ – координатах.

12. Рівняння Майєра записується таким чином:

1	$\delta q = du + \delta l$ ;
2	$R = c_p - c_v$
3	$Tds = du + pdv = dh - vdp$ ;
4	$\delta q = T ds$ .

13. Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу його характерні ознаки:

Назва процесу	Ознака процесу
А) ізохорний;	1) $t = \text{const}$ ;
В) ізобарний;	2) $s = \text{const}$ ;
С) ізотермічний,	3) $p = \text{const}$ ;
Д) адіабатний.	4) $q = 0$ ;
	5) $v = \text{const}$ .

14. В ізохорному процесі зміна тиску ідеального газу прямо пропорційна зміні його ...

15. В ізотермічному процесі зміна тиску ідеального газу зворотно пропорційна зміні його ...

16. В ізобарному процесі зміна об'єму ідеального газу прямо пропорційна зміні його ...

17. 1 кг повітря при температурі  $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  і початковому тиску  $P_1 = 0,1$  МПа ізотермічно стискається до кінцевого тиску  $P_2 = 1$  МПа. Чому дорівнює кінцевий об'єм повітря?

18. В резервуарі знаходиться вуглекислий газ при тиску  $P = 0,6$  МПа і температурі  $t = 327\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яким стане тиск газу, якщо в ізохорному процесі газ охолодити на  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

19. Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу формули для обчислення роботи ідеального газу:

Назва процесу	Формула для обчислення роботи
А) ізобарний;	1) $l = R T \ln(v_2/v_1)$ ;
В) ізотермічний,	2) $l = R(T_1 - T_2)/(k-1)$ ;
С) адіабатний.	3) $l = R(T_1 - T_2)/(n-1)$ ;
Д) політропний.	4) $l = R(v_2 - v_1)$ .

20. Розставте у відповідності до назви термодинамічного процесу формули для обчислення теплоти ідеального газу:

Назва процесу	Формула для обчислення теплоти
А) ізобарний;	1) $q = R T \ln(v_2/v_1)$ ;
В) ізотермічний;	2) $q = c_n(T_2 - T_1)$ ;
С) адіабатний;	3) $q = 0$ ;
Д) політропний.	4) $q = c_p(T_2 - T_1)$ .

21. 1 кг вуглекислого газу при температурі  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$  і початковому тиску  $0,1$  МПа ізотермічно стискається до тиску  $1$  МПа. Визначити затрачену роботу.

22. 1 кг повітря при температурі  $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  і початковому тиску  $P_1 = 0,1$  МПа ізотермічно стискається до кінцевого тиску  $P_2 = 1$  МПа. Яку кількість теплоти треба відвести від повітря?

23. 1 кг повітря при температурі  $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  і початковому тиску  $P_1 = 0,1$  МПа ізотермічно стискається до кінцевого тиску  $P_2 = 1$  МПа. Яку кількість теплоти треба відвести від повітря?

24. Рівняння Ван-дер-Ваальса записується такими чином:

1	$Pv = RT$
2	$(V - v) = RT$
3	$PV_{\mu} = \mu RT$
4	$PV = mRT$

25. Закон Дальтона для вологого повітря записується таким чином:



1	$B = P_{с.п.} + P_{п}$
2	$P_{сум.} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$
3	$P_{абс.} = B + P_{ман.}$
4	$P_{сум.} = \sum_{i=1}^n P_i$

26. Розставте у відповідності до процесу реального газу назву параметру, який залишається сталим в цьому процесі:

Процес	Сталий параметр
А) нагрівання (охолодження) вологого повітря ;	1) ентальпія;
В) процес в ідеальній сушарці	2) температура;
С) пароутворення.	3) вологовміст;
	4) тиск.

27. Яке слово пропущено в реченні: „*Степенем сухості називається ... частка води, що перетворилася на пару*”?

28. Розставте у відповідності до стану речовини чисельне значення степені сухості:

Стан речовини	Степінь сухості $x$
А) вода:	1) $x = 1$ ;
В) волога насичена пара;	2) $0 < x < 1$ ;
С) суха насичена пара;	3) $x = 0$ .

29. Кількість теплоти, яку треба підвести до 1 кг рідини, щоб повністю перетворити її на пару, називається прихованою. теплотою...

30. Розставте у відповідності до кількості атомів в молекулі ідеального газу чисельне значення показника адіабати:

Газ	Показник адіабати
А) одноатомний;	1) 1,4;
В) двоатомний;	2) 1,28;
С) багатоатомний.	3) 1,66.

## 9. Методи навчання

Структура дисципліни передбачає надання студентам навчальної інформації та закріплення отриманих знань шляхом здачі іспиту. Викладання дисципліни ґрунтується на поєднанні модульних технологій навчання та залікових освітніх одиниць (залікових кредитів) з використанням інформаційно-ілюстраційного матеріалу у вигляді:

- лекцій у форматі діалогу, з елементами проблемності;
- візуалізації лекцій (Power Point презентації тощо).

Лабораторні заняття проводяться із застосуванням необхідного обладнання (печі, камери), устаткування (термометри, манометри та ін.), а також плакатів та макетів установок і обладнання для вимірювання тих чи інших величин.

Під час обробки отриманих експериментальних та розрахункових даних, студенти активно використовують ПЕОМ і відповідні програми для побудови та розрахунків математичних моделей (рівнянь регресії), розрахунку горіння палива, теплових втрат тощо.

## 10. Форми контролю

Контрольні заходи щодо оцінювання навчальних досягнень студентів з дисципліни включають поточний та підсумковий контроль.

Поточне оцінювання здійснюється у процесі вивчення змістового модулю. Його основними завданнями є: встановлення й оцінювання рівнів розуміння і первинного засвоєння окремих елементів змісту теми, встановлення зв'язків між ними та засвоєним змістом попередніх тем, закріплення знань, умінь і навичок.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання розрахункових робіт.

Формою проведення поточного контролю є оцінювання рівня теоретичної підготовки до них, правильність виконання індивідуальних завдань з вивченої теми та оформлення звіту з лабораторної роботи.

Підсумковий контроль з навчальної дисципліни включає семестровий контроль.

Семестровий контроль проводиться у формі диференційованого заліку в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою, і в терміни, встановлені навчальним планом та розкладом заліково-екзаменаційної сесії.

Оцінювання знань студентів з навчальної дисципліни здійснюється за чотирибальною шкалою, стобальною шкалою і шкалою ЄКТС.

## 11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 03.03.2021 р. № 7)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	<i>екзаменів</i>	<i>заліків</i>
<b>90 – 100</b>	<b>Відмінно</b>	<b>Зараховано</b>
<b>74 – 89</b>	<b>Добре</b>	
<b>60 – 73</b>	<b>Задовільно</b>	
<b>0 – 59</b>	<b>Незадовільно</b>	<b>Не зараховано</b>

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):

$$R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$$

## 12. Навчально-методичне забезпечення

1. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський А.О., Лазоренко В.О., Міщенко А.В., Шеліманова О.В. Теплотехніка. - Київ: Фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с.
2. Лазоренко В.О. Теплопостачання сільського господарства. Ч.1. Технічна термодинаміка і теплопередача. Лабораторний практикум. - НАУ, 2004.
3. Лазоренко В.О. Теплопостачання сільського господарства Ч.11. Використання теплоти в сільському господарстві. Лабораторний практикум. - НАУ, 2005.

## 13. Рекомендована література

### - основна:

1. Буляндра О.Ф., Драганов Б.Х. та ін., Теплотехніка. - К.: Вища школа, 1998. – 334 с.
2. Алабовский Н.А. и др. Теплотехніка. - К.: Вища школа, 1986.
3. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. - М.: Высшая школа, 1980. – 469 с.
4. Драганов Б.Х. и др. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве. - К.: Агропромиздат, 1990. – 463 с.
5. Драганов Б.Х. и др. Применение теплоты в сельском хозяйстве. - К.: Вища школа, 1990. – 319 с.
6. Баскаков А.П. Теплотехника. - М.: Высшая школа, 1982.

### - допоміжна:

1. Захаров А. А. Применение тепла в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1980.
2. Недужий М.А., Алабовский Н.А. Техническая термодинамика и теплопередача. - К.: Вища школа, 1980. – 224 с.
3. Рабинович М.М., Сборник задач по теплотехнической термодинамике. - М.: Машиностроение, 1973. – 344 с.
4. Исаченко В. П. и др. Теплопередача. - М.: Энергия, 1975.

## 14. Інформаційні ресурси

<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1895>  
<https://books.google.com.ua>