

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ  
ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ  
КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ І ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри спеціальної хімії і  
хімічної технології

 Олена ТАРАХНО

“ 28 ” 08 2019 року

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Термодинаміка і теплопередача»**

циклу професійної (обов'язкової) підготовки  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
галузь знань 26 «Цивільна безпека»  
спеціальність - 261 «Пожежна безпека»  
за освітньо-професійними програмами  
«Пожежна безпека»  
«Пожежогашіння та аварійно-рятувальні роботи»  
«Автоматичні системи пожежної та техногенної безпеки»  
«Аудит пожежної та техногенної безпеки»

Силабус розроблено згідно робочої програми навчальної дисципліни.

Рекомендовано кафедрою спеціальної хімії та хімічної технології на:

2019-2020 навчальний рік

Протокол від «28» серпня 2019 року № 1

Перезатверджено. Начальник кафедри СХХТ \_\_\_\_\_ Олена ТАРАХНО

20\_\_-20\_\_ навчальний рік

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_

Перезатверджено. Начальник кафедри СХХТ \_\_\_\_\_ Олена ТАРАХНО

20\_\_-20\_\_ навчальний рік

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_

Перезатверджено. Начальник кафедри СХХТ \_\_\_\_\_ Олена ТАРАХНО

20\_\_-20\_\_ навчальний рік

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_

2019 рік

## Анотація

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і теплопередача» є загальні фізичні властивості макроскопічних систем та закономірності перетворення енергії при різних явищах, що відбуваються із тілами та дослідження процесів тепломасообміну для їх наступного використання під час контролю та перевірки пожежонебезпечних та інших об'єктів, що перебувають під наглядом, для визначення характеристик пожежної небезпеки, а також для визначення запобіжних заходів щодо забезпечення протипожежного захисту, а також втілення заходів щодо оперативної протидії пожежі.

Знання отримані під час вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і теплопередача» є базою для рішення питань, що пов'язані з дією чинників джерел надзвичайних ситуацій теплової природи.

### 1. Інформація про викладача

Загальна інформація Шаршанов Андрій Янович, доцент кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил, к.ф.-м.н., доцент

Контактна інформація м. Харків, вул. Баварська, 7, корпус кафедри СХХТ, кабінет №02. Робочий номер телефону – 707-35-16  
E-mail scct@nuczu.edu.ua

Наукові інтереси\*

Професійні здібності\*

Загальна інформація Трефілова Лариса Миколаївна, доцент кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил, к.ф.-м.н., с.н.с.

Контактна інформація м. Харків, вул. Баварська, 7, корпус кафедри СХХТ, кабінет №02. Робочий номер телефону – 707-35-16.  
E-mail scct@nuczu.edu.ua

Наукові інтереси\*

Професійні здібності\*

\* – заповнюється за бажанням НПП.

### 2. Час та місце проведення занять з навчальної дисципліни

Аудиторні заняття з навчальної дисципліни проводяться згідно затвердженого розкладу. Електронний варіант розкладу розміщується на сайті Університету (<http://rozklad.nuczu.edu.ua/timeTable/group>).

Консультації з навчальної дисципліни проводяться протягом семестру щочетверга з 15.00 до 16.00 в аудиторії №021. В разі додаткової потреби здобувача в консультації час погоджується з викладачем.

### 3. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни

*Пререквізити:* фізика, хімія та вища математика.

*Постреквізити:* теорія розвитку та припинення горіння; автоматичні системи протипожежного захисту; пожежна безпека територій, будівель та споруд; пожежна безпека технологічних процесів; дослідження пожеж.

### 4. Характеристика навчальної дисципліни

*Мета викладання дисципліни:* підготовка фахівців, здатних застосовувати знання законів термодинаміки і теплообміну для визначення методів та способів захисту об'єктів від небезпечних чинників теплової природи та прогнозувати параметри зміни стану речовин внаслідок дії вражаючих чинників джерел пожежі.

*Основні завдання вивчення дисципліни:* навчити майбутніх фахівців застосовувати закони термодинаміки та теплопередачі для рішення питань, що пов'язані з дією чинників джерел надзвичайних ситуацій теплової природи.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

***знати:***

- основні поняття та закони термодинаміки;
- фізичну сутність і основні закони передачі тепла теплопровідністю, конвекцією та випромінюванням;
- основні методики розрахунку теплових потоків і температур у стаціонарних умовах;
- методики розрахунку температурних полів у випадку нестационарної теплопровідності;
- властивості горючих речовин і матеріалів, механізми виникнення процесів горіння і вибуху;

***уміти:***

- розраховувати термодинамічні параметри газів та їх сумішей у основних термодинамічних процесах;
- розраховувати зміни параметри речовин в ході кипіння (конденсації);
- виявляти основні шляхи і механізми передачі тепла у різних ситуаціях;
- розраховувати теплові потоки у поширених випадках конвекційної тепловіддачі;
- розраховувати теплові потоки і теплові поля у поширених випадках стаціонарної теплопередачі;
- визначати безпечні відстані від осередку горіння;
- розраховувати параметри пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів та оцінювати особливості їх поведінки в умовах пожежі.

**Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти:**

- здатність до застосовування тенденцій розвитку техніки і технології захисту людини, матеріальних цінностей і довкілля від впливу небезпечних

чинників пожежі та обґрунтований вибір систем забезпечування пожежної безпеки та захисту довкілля.

**Програмні результати навчання** – Пояснювати процеси впливу небезпечних чинників пожежі на навколишнє середовище; застосовувати теорії захисту людини, матеріальних цінностей та довкілля від впливу небезпечних чинників пожежі, знання математичних та природничих наук у сфері професійної діяльності.

Найменування показників	Опис навчальної дисципліни
Рік підготовки	Денна форма навчання
Семестр	2-й
Обсяг кредитів ЄКТС	3-й
Загальна кількість годин	4
Лекції	120 год.
Практичні, семінарські	20 год.
Лабораторні	32 год.
Самостійна робота	8 год.
Вид підсумкового контролю	60 год.
	екзамен

### 5. Календарно-тематичний план викладання дисципліни

Тривалість академічної години в Університеті становить 40 хвилин. Дві академічні години становлять пару академічних годин, що триває 80 хвилин без перерви.

Тиждень навчання	Тема та її зміст	Вид навчальних занять
<b>Модуль 1. Технічна термодинаміка</b>		
1	Тема 1.1. Основні поняття термодинаміки. Закони ідеальних газів. Основні параметри стану робочого тіла, їх розрахунок і вимір. Газові закони. Рівняння стану ідеального газу (Клапейрона - Менделєєва). Суміш ідеальних газів. Обчислення параметрів стану компонентів суміші газів та суміші в цілому. Теплоємність. Масова, об'ємна та молярна теплоємності.	Лк - 2 ПЗ - 2 СР - 4
2	Тема 1.2. Закони термодинаміки. Перший закон термодинаміки. Внутрішня енергія. Ентальпія. Ентропія. P-v- та T-s-діаграми. Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Другий закон термодинаміки.	Лк - 2 ПЗ - 0 ЛР - 2 СР - 3
3	Тема 1.3. Основні термодинамічні процеси.	Лк - 2

	<p>Ізохорний, ізобарний, ізотермічний, адіабатний процеси, їх визначення та реалізація. Зображення в P-v- та T-s-координатах.</p> <p>Зміна основних параметрів стану в ході процесу.</p>	<p>ПЗ – 0 СР - 2</p>
4	<p>Тема 1.4. Термодинаміка рідин пари.</p> <p>Фазові діаграми речовин. Процеси пароутворення в P-v- і T-s-діаграмах.</p> <p>Термодинамічні таблиці води та водяної пари. Термодинамічні P-v-, T-s- та і-з-діаграми водяної пари.</p> <p>Розрахунок термодинамічних процесів зміни стану пари.</p>	<p>Лк - 2 ПЗ – 2 СР - 2</p>
5	<p>Тема 1.5. Термодинаміка процесів витікання.</p> <p>Основні положення термодинаміки процесів витікання. Рівняння витікання.</p> <p>Розрахунок швидкості витікання та масової витрати для критичного режиму.</p> <p>Сутність процесу дроселювання та його рівняння. Практичне використання процесу дроселювання.</p>	<p>Лк - 0 ПЗ – 0 СР - 3</p>
5	<p>Тема 1.6. Термодинамічний аналіз пожежі у приміщенні.</p> <p>Методика опису пожежі в приміщенні. Польовий, інтегральний та зональні способи опису.</p> <p>Рівняння пожежі.</p> <p>Газообмін приміщення з навколишнім середовищем.</p>	<p>Лк - 0 ПЗ – 0 СР - 2</p>
<b>Модуль 2. Теплопередача.</b>		
6	<p>Тема 2.1. Основні поняття теплопереносу. Стаціонарна теплопровідність.</p> <p>Основні поняття та визначення теорії теплообміну. Види переносу теплоти: теплопровідність, конвекція та випромінювання.</p> <p>Основні поняття та визначення теорії теплопровідності. Закон Фур'є. Механізм передачі теплоти у металах, діелектриках, напівпровідниках, рідинах, газах.</p> <p>Рішення рівняння стаціонарної теплопровідності для одношарової та багатошарової плоскої та циліндричної стінки.</p>	<p>Лк - 2 ПЗ – 2 СР - 4</p>
7-9	<p>Тема 2.2. Конвекційний теплообмін.</p> <p>Основні поняття та визначення. Рівняння Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі.</p> <p>Основи теорії подібності. Критерії подібності (Нусельта, Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля).</p>	<p>Лк - 2 ПЗ – 8 ЛР - 2 СР - 4</p>

	<p>Критеріальні рівняння. Застосування результатів теорії подібності.</p> <p>Тепловіддача при вільній конвекції. Тепловіддача в необмеженому об'ємі. Теплообмін при вільній конвекції в обмеженому об'ємі.</p> <p>Тепловіддача при вимушеному русі рідини вдовж плоскої поверхні, тепловіддача при вимушеному русі рідини у трубах; тепловіддача при поперечному омиванні труб: рішення задач засобами теорії подібності; критеріальні рівняння.</p>	
10	<p>Тема 2.3. Теплообмін при кипінні та конденсації.</p> <p>Теплообмін при кипінні. Механізм процесу теплообміну при бульбашковому та плівковому режимах кипіння. Криза кипіння.</p> <p>Теплообмін при конденсації. Тепловіддача при конденсації чистої пари. Вплив домішок газів, що не конденсуються, на тепловіддачу.</p>	<p>Лк - 0 ПЗ – 0 СР - 4</p>
11-12	<p>Тема 2.4. Променистий теплообмін.</p> <p>Закони теплового випромінювання: Планка, Стефана-Больцмана, Віна, Кірхгофа, Ламберта.</p> <p>Теплообмін випромінюванням поміж тілами, що розділені прозорим середовищем; коефіцієнт опромінювання. Теплові екрани.</p> <p>Випромінювання факелу полум'я при пожежі. Розрахунок безпечної відстані від факелу полум'я.</p>	<p>Лк - 2 ПЗ – 8 ЛР - 2 СР - 8</p>
13	<p>Тема 2.5. Теплопередача</p> <p>Теплопередача, як результат послідовних елементарних процесів передачі тепла. Основне рівняння теплопередачі.</p> <p>Теплопередача крізь плоскі, циліндричні, сферичні та ребристі одно- та багат шарові стінки.</p> <p>Розрахунок коефіцієнтів теплопередачі при рішенні задач пожежної безпеки.</p>	<p>Лк - 2 ПЗ – 2 ЛР - 2 СР - 6</p>
14-15	<p>Тема 2.6. Нестационарна теплопровідність.</p> <p>Нестационарний процес теплопровідності. Задача теплопровідності в узагальнених змінних (критерії Біо, Фур'є). Нестационарний процес теплопровідності в тілах кінцевих розмірів.</p> <p>Методика розв'язання задач прогріву напівобмеженого та циліндричного тіла при стаціонарних граничних умовах 1-го, 2-го, 3-го роду та за стандартного температурного режиму.</p> <p>Поняття про чисельні способи розрахунку температурного поля при нестационарних граничних умовах.</p>	<p>Лк - 4 ПЗ – 8 СР - 20</p>
Усього		120

Примітка: Лк. – лекція; ПЗ – практичне заняття; СР – самостійна робота.

## **6. Список рекомендованої літератури**

### **Базова**

1. Освітньо-професійна програма вищої освіти для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека», спеціалізацією «Пожежна безпека», «Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи», «Автоматичні системи пожежної та техногенної безпеки», «Аудит пожежної та техногенної безпеки».

2. Рябова І.Б., Сайчук І.В., Шаршанов А.Я. Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі. -Харків: АПБУ, 2002. -352 с.

3. Термодинаміка і теплопередача у цивільній безпеці: навч. посіб./ А.Я. Шаршанов, І.Б. Рябова. –Х.: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2013 –380 с.

4. Шаршанов А.Я., Сайчук І.Б. Термодинаміка і теплопередача. Методичні вказівки до вивчення курсу та контрольні завдання. . -Харків: УЦЗУ, 2007. -165 с.

5. Шаршанов А.Я., Дзюбик А.Р., Лега А.Л., Сайчук І.В., Юзьків Т.Б. Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі. Практикум. Лабораторні роботи. -Харків: УЦЗУ, 2007. -250 с.

### **Допоміжна**

6. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. Київ: Техніка, 2001. - 320 с.

7. Шаршанов А.Я. Теплозащитное действие случайноеоднородного слоя / АЯ Шаршанов // Проблемы пожарной безопасности, 2018, № 43. – С. 189-194.

## **Інформаційні ресурси**

Банк методичних і навчальних матеріалів НУЦЗУ <http://academy.apbu.edu.ua/rus/mbank/>.

## **7. Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти**

Оцінювання результатів навчання з дисципліни «Термодинаміка і теплопередача» здійснюється за накопичувальною бально-рейтинговою системою, основною метою якої є регулярна й комплексна оцінка результатів навчальної діяльності та сформованості компетентностей.

Оцінювання компетентностей здобувачів здійснюється з використанням трьох шкал:

перша – національна (традиційна) – 4-бальна (чотирибальна);

друга – рейтингова шкала оцінювання – ЄКТС;

третья – накопичувальна шкала – 100-бальна.

**Порядок накопичування навчальних балів за 100-бальною шкалою**

Вид навчальної роботи		Кількість	Максимальний бал за вид навчальної роботи	Загальна максимальна сума балів
<b>I. Поточний контроль</b>				
Модуль № 1	Лекції	4	1	4
	ПЗ	2	3	6
	Лаб. роботи*	1	3	3
	Інд. самот. робота*	1	7	7
	Разом за модуль №1			20
Модуль № 2	Лекції	8	1	8
	ПЗ	12	3	36
	Лаб. роботи*	3	3	9
	Інд. самот. робота*	1	7	7
	Разом за модуль №2			60
Екзамен				20
Разом за всі види навчальної роботи				100

\* – обов'язкові види навчального контролю.

Підсумкова оцінка формується з урахуванням результатів:

- поточного контролю роботи здобувача впродовж семестру;
- підсумкового контролю успішності.

*Поточний контроль* проводиться на кожному практичному занятті. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) за набутими навичками під час вивчення теоретичного матеріалу та виконання завдань практичних робіт.

**Перелік контрольних питань**

**Модуль 1. Технічна термодинаміка**

1. Робоче тіло. Термодинамічні параметри стану робочого тіла (температура, тиск, питомий об'єм).

2. Ідеальний та реальний газ. Рівняння стану ідеального газу (Клапейрона-Менделєєва) та реального газу (рівняння Ван-дер-Ваальса).

3. Суміші ідеальних газів. Закон Дальтона. Способи завдання складу суміші (молярні, масові, об'ємні частки), співвідношення між масовими та об'ємними частками. Середні параметри газової суміші: молярна маса, питома газова стала та густина суміші.

4. Теплоємність: визначення. Види теплоємності (питома масова, об'ємна, молярна), їх взаємозв'язок. Види теплоємності процесу (залежність теплоємності від виду термодинамічного процесу, зв'язок ізобарної та ізохорної теплоємності).



5. Перший закон термодинаміки у замкненій термодинамічній системі: рівняння, тепло, внутрішня енергія, робота газу - визначення, розмірність, зв'язок між собою.

6. Робота розширення: загальна розрахункова формула у  $P$ - $V$ -змінних.

7. Ентальпія робочого тіла: визначення, одиниці виміру.

8. Ентропія системи, як функція стану робочого тіла: визначення поняття, зміст площини у  $T$ - $s$  координатах.

9. Методика дослідження термодинамічних процесів ідеальних газів.

10. Ізотермічні, ізохорні, ізобарні, адіабатні, політропні процеси: визначення; формула в  $P$ - $V$ -координатах у випадку ідеальних газів.

## Модуль 2. Теплопередача

1. Тепловий потік: визначення, розмірність.

2. Поверхнева густина теплового потоку (питомий тепловий потік): визначення, розмірність.

3. Лінійна густина теплового потоку (лінійний питомий тепловий потік): визначення, розмірність.

4. Основні фізичні механізми передачі тепла: фізична сутність теплопровідності.

5. Рівняння стаціонарної теплопровідності (рівняння Фур'є) для плоскої однорідної стінки: вид рівняння, визначення всіх параметрів, що входять до нього.

6. Стаціонарна теплопровідність крізь багат шарову плоску стінку: рівняння теплового потоку крізь стінку.

7. Суть конвекційного теплообміну та фактори, що його визначають. (Причини виникнення руху рідини, режими руху рідини, фізичні властивості рідини, форма та розмір поверхні теплопередачі).

8. Основне рівняння конвекційного теплообміну - закон Ньютона-Ріхмана (рівняння тепловіддачі): вид рівняння, визначення всіх параметрів, що входять до нього.

9. Числа (критерії) подібності Нуссельта  $Nu$ , Рейнольдса  $Re$ , Грасгофа  $Gr$  : визначення через фізичні характеристики системи.

10. Тепловіддача при вільному русі рідини. Тепловіддача в обмеженому просторі.

11. Методика розрахунку коефіцієнта конвекційної тепловіддачі у випадку вільної конвекції.

12. Методика розрахунку коефіцієнта конвекційної тепловіддачі у випадку вимушеної конвекції.

13. Теплообмін при вимушеному русі рідини у трубах.

14. Тепловіддача при вимушеному поперечному омиванні труб.

15. Теплопередача: визначення явища. Основне рівняння теплопередачі: вид рівняння, визначення всіх параметрів, що входять до нього. Вид коефіцієнта теплопередачі у випадку плоскої стінки.

16. Основні закони теплового випромінювання (закони Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта).

17. Формула променистого теплового потоку випромінювання тіла у прозорому середовищі.

18. Променистий теплообмін: розрахунок відстаней, безпечних у пожежному відношенні.

19. Три елементарні види теплообміну. Складний теплообмін.

20. Нестационарна теплопровідність: рівняння, фізична сутність граничних умов 1-го, 2-го, 3-го роду.

21. Нагрівання тіла обмежених розмірів у середовищі при малих числах Біо.

22. Нагрівання тіл обмежених розмірів у середовищі при довільних числах Біо: визначення температури прогріву за заданий час, або розрахунок часу нагріву до заданої температури.

23. Нагрівання напівобмеженого тіла за граничних умов 1-го або 3-го роду.

*Критерії виставлення оцінки (оцінюється від 0 до 100 балів):*

90-100 балів – в повному обсязі здобувач володіє навчальним матеріалом;

80-89 бали – достатньо повно володіє навчальним матеріалом;

65-79 балів – в цілому володіє навчальним матеріалом;

55-64 балів – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом;

50-54 балів – частково володіє навчальним матеріалом;

35-49 балів – не володіє навчальним матеріалом.

Отримані здобувачем бали за накопичувальною 100-бальною шкалою оцінювання знань переводяться у національну шкалу та в рейтингову шкалу ЄКТС згідно з таблицею.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами з навчальної дисципліни

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80-89	<b>B</b>	добре	
65-79	<b>C</b>		
55-64	<b>D</b>	задовільно	
50-54	<b>E</b>		
35-49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## **8. Політика викладання навчальної дисципліни**

1. Активна участь в обговоренні навчальних питань, попередня підготовка до практичних занять за рекомендованою літературою, якісне і своєчасне виконання завдань.

2. Сумлінне виконання розкладу занять з навчальної дисципліни (здобувачі вищої освіти, які запізнилися на заняття, до заняття не допускаються).

3. З навчальною метою під час заняття мобільними пристроями дозволяється користуватися тільки з дозволу викладача.

4. Здобувач вищої освіти має право дізнатися про свою кількість накопичених балів у викладача навчальної дисципліни та вести власний облік цих балів.

Розробник:  
доцент кафедри  
спеціальної хімії та хімічної  
технології



Андрій ШАРШАНОВ