

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет оперативно-рятувальних сил

Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології

## СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### «МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ»

( назва навчальної дисципліни)

обов'язкова професійна

за освітньо-науковою програмою

пожежна безпека

підготовки за третім (доктор філософії) рівнем вищої освіти  
(назва рівня вищої освіти)

у галузі знань 26 «Цивільна безпека»  
(шифр і назва)

за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»

Рекомендовано кафедрою

СХХТ на 2023- 2024

(назва кафедри)

навчальний рік.

Протокол від «04» 07.2023 року №1

Силабус розроблений відповідно до Робочої програми навчальної дисципліни «Моделювання процесів горіння»

2023 рік

## Загальна інформація про дисципліну

### Анотація дисципліни

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Моделювання процесів горіння» є сучасні математичні моделі процесів виникнення і розповсюдження горіння у зв'язку з явищем пожежі, що використовуються при проведенні наукових дослідженнях і технічних розрахунках у галузі знань «Цивільна безпека».

Знання отримані під час вивчення навчальної дисципліни «Моделювання процесів горіння» є базою при вирішенні науково-практичних задач пожежної безпеки.

Інформація про науково-педагогічного працівника

Загальна інформація	Шаршанов Андрій Янович, старший викладач кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил, д.т.н., доцент
Контактна інформація	м. Харків, вул. Баварська, 7, корпус кафедри СХХТ, кабінет №201. Робочий номер телефону – 707-35-16
E-mail	scct@nuczu.edu.ua
Наукові інтереси	
Професійні здібності	
Наукова діяльність за освітнім компонентом	

### Час та місце проведення занять з 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 кабінеті № 201. В разі додаткової потреби здобувача в консультації час погоджується з викладачем.

**Метою** вивчення навчальної дисципліни «Моделювання процесів горіння» є ознайомлення здобувачів з сучасними моделями виникнення та розповсюдження процесів горіння з метою їх використання при рішенні різноманітних науково-технічних задач, пов'язаних з моделюванням виникнення і розповсюдження пожеж.

Навчальна дисципліна «Моделювання процесів горіння» належить до обов'язкових компонентів освітньо-наукової програми «Пожежна безпека» і являється базисною для професійних дисциплін в навчальному плані підготовки здобувачів за третім (DPh) рівнем вищої освіти.

Завданням вивчення дисципліни «Моделювання процесів горіння» є навчити здобувачів орієнтуватися в сучасних моделях горіння, сформулювати уявлення про повноту опису явища та фактори, які враховуються цими моделями,

виробити навички використання моделей горіння для рішення типових науково-дослідницьких задач, що пов'язані з питаннями пожежної безпеки.

### Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Форма здобуття освіти
	очна (денна, вечірня)
<b>Статус дисципліни</b>	<i>обов'язкова професійна</i>
<b>Рік підготовки</b>	2023-2024
<b>Семестр</b>	6
<b>Обсяг дисципліни:</b>	
- в кредитах ЄКТС	4
- кількість модулів	2
- загальна кількість годин	120
<b>Розподіл часу за навчальним планом:</b>	
- лекції (годин)	28
- практичні заняття (годин)	32
- семінарські заняття (годин)	
- лабораторні заняття (годин)	
- курсовий проект (робота) (годин)	
- інші види занять (годин)	
- самостійна робота (годин)	60
- індивідуальні завдання (науково-дослідне) (годин)	
<b>Форма підсумкового контролю</b>	
- підсумковий контроль	екзамен

### Передумови для вивчення дисципліни

Вивчення курсу ґрунтується на знаннях з фізики, хімії, математики та дисциплін «Термодинаміки і теплопередача», «Теорія розвитку та припинення горіння», отриманих на попередніх рівнях навчання, а також вибіркового дисциплін «Інформаційні технології в практиці наукових досліджень» та «Методи обробки кількісних показників пожежної небезпеки» даної освітньо-наукової програми.

### Результати навчання та компетентності з дисципліни

Відповідно до освітньо-наукової програми «Пожежна безпека», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити:

- досягнення здобувачами вищої освіти таких результатів навчання

Програмні результати навчання	РН
Аналізувати та застосовувати концептуальні моделі, науко-	РН07

вий доробок вітчизняних та зарубіжних вчених у сфері пожежної безпеки, фундаментальні постулати та теорії у професійних та суміжних сферах	
Визначити проблеми і шляхи їх вирішення у сфері професійної діяльності. Розробляти організаційні і практичні заходи, пов'язані з моніторингом, прогнозуванням, попередженням, локалізацією і ліквідацією, а також мінімізацією наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру з урахуванням досвіду світових практик.	PH08
Застосовувати інформаційні технології, сучасні методи моделювання та прогнозування із використанням новітніх прикладних пакетів і програмних продуктів для наукового обґрунтування та підтвердження / спростування гіпотез.	PH10
Дисциплінарні результати навчання	<i>аббревіатура</i>
Знати вид рівнянь, що описують горіння у газовому середовищі; модельні вирази опису реакцій горіння у об'ємі і на поверхнях; рівняння масового і енергетичного балансу при горінні рідин; рівняння енергетичного балансу горіння іскор деревини і металів; способи врахування впливу промислового енергообміну на розповсюдження пожеж; принцип геометричного моделювання розповсюдження пожеж; основні положення інтегральної, зонної та диференційної моделі пожежі у приміщенні.	

- формування у здобувачів вищої освіти наступних компетентностей:

Програмні компетентності (загальні та професійні)	ЗК
Здатність проведення дослідницької та інноваційної діяльності.	ЗК02.
Здатність до застосування сучасних інформаційних технологій та програмних продуктів у науковій діяльності.	ЗК04
Очікувані компетентності з дисципліни	<i>аббревіатура</i>
Здатність аналізувати моделі процесів горіння	
Здатність використовувати адекватні моделі горіння під час рішення наукових завдань	
Вміння проводити аналіз та враховувати у модельних рівняннях основні параметрів процесу горіння; проводити науковий аналіз результатів моделювання процесів горіння; оцінювати межі достовірності модельного опису горіння; готувати доповіді з питань моделювання процесів горіння	

## Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1. Математична теорія горіння

**Тема 1.1. Система рівнянь хімічної кінетики та багато рідинної гідродинаміки – основні рівняння теорії горіння.**

Рівняння хімічної кінетики. Модельні вирази швидкості хімічної реакції в об'ємі та на поверхні. Рівняння багатокомпонентної гідродинаміки. Рівняння енергії. Граничні умови до рівнянь.

**Тема 1.2. Математичне моделювання горіння газів**

Теплові теорії поширення горіння. Розповсюдження полум'я. Структура полум'я. Ламінарне і турбулентне горіння. Подібності розподілу полів температур і концентрацій. Дифузійне горіння. Детонаційне горіння.

**Тема 1.3. Математичне моделювання горіння рідин**

Рівняння масового та енергетичного балансів при горінні рідин. Швидкість горіння та швидкість прогрівання рідин при горінні.

**Тема 1.4. Математичне моделювання горіння твердих матеріалів**

Стадії горіння твердих палив. Механізм горіння вуглецю. Теорія приведеної плівки. Схема граничного шару горіння. Рівняння горіння іскор деревини. Стадії горіння металів. Рівняння горіння частинок металу.

### Модуль 2. Моделювання горіння в умовах пожежі

**Тема 2.1. Променивий механізм розповсюдження пожежі**

Загальні відомості про променистий механізм енергообміну. Рівняння енергетичного балансу з врахуванням променистого теплообміну. Визначення часу займання через дію променистого потоку під час лісової пожежі.

**Тема 2.2. Геометричне моделювання процесу розповсюдження горіння**

Принципи геометричного моделювання розповсюдження пожежі (аналог законів Гюйнегса у хвильовій оптиці). Способи врахування впливів вітру, орієнтації поверхонь горіння, вологості матеріалу, неоднорідності матеріалу, впливу гасячих речовин. Геометричне моделювання розповсюдження лісових та степових пожеж.

**Тема 2.3. Математичне моделювання пожежі у приміщенні**

Основні положення інтегральної, зонної та диференційної моделі пожежі у приміщенні. Основні рівняння пожежі. Методи врахування дії вогнегасних засобів та впливу обмежень постачання повітря.

**Розподіл дисципліни у годинах за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять:**

Назви модулів і тем	Очна (денна, вечірня) форма				
	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		лекції	практичні (семінарські) заняття	лабораторні заняття (інші види)	самостійна робота

				занять)		
<b>6- й семестр</b>						
<b>Модуль 1. Математична теорія горіння</b>						
<b>Тема 1.1.</b> Система рівнянь хімічної кінетики та багато рідинної гідродинаміки – основні рівняння теорії горіння	16	4	4	-	8	
<b>Тема 1.2.</b> Математичне моделювання горіння газів	16	4	4		8	
<b>Тема 1.3.</b> Математичне моделювання горіння рідин	12	4	2	-	6	
<b>Тема 1.4.</b> Математичне моделювання горіння твердих матеріалів	16	4	4		8	
<b>Разом за модулем 1</b>	60	16	14		30	
<b>Модуль 2. Моделювання горіння в умовах пожежі</b>						
<b>Тема 2.1.</b> Променевий механізм розповсюдження пожежі	20	4	6	-	10	
<b>Тема 2.2.</b> Геометричне моделювання процесу розповсюдження горіння	20	4	6	-	10	
<b>Тема 2.3.</b> Математичне моделювання пожежі у приміщенні	20	4	6	-	10	
<b>Разом за модулем 2</b>	60	12	18	-	30	
<b>Усього годин</b>	120	28	32	-	60	

### Теми семінарських занять

Семінарські заняття, згідно Програми навчальної дисципліни, не плануються.

## Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1.1. Вираз швидкості хімічної реакції в об'ємі та на поверхні..	2
2	Тема 1.1. Запис граничних умов рівнянь горіння	2
3	Тема 1.2. Визначення основних характеристик процесу горіння	2
4	Тема 1.2. Визначення швидкості горіння у різних режимах	2
5	Тема 1.3. Розрахунок швидкостей вигорання і прогрівання рідин	2
6	Тема 1.4. Побудова моделі горіння іскор деревини.	2
7	Тема 1.4. Побудова моделі горіння часток алюмінію	2
8	Тема 2.1. Визначення променистого потоку від факелу полум'я при заданій геометрії	2
9	Тема 2.1. Визначення часу займання через дію променистого потоку під час лісової пожежі.	2
10	Тема 2.1. Комп'ютерне моделювання розповсюдження пожежі променевим механізмом.	2
11	Тема 2.2. Визначення дальності розповсюдження пожежі у однорідному середовищі	2
12	Тема 2.2. Визначення параметрів розповсюдження пожежі у неоднорідному середовищі.	2
13	Тема 2.2. Комп'ютерне моделювання розповсюдження лісової пожежі.	2
14	Тема 2.3. Розрахунок параметрів пожежі у приміщенні на початкових стадіях.	2
15	Тема 2.3. Методи врахування дії вогнегасних засобів та впливу обмежень постачання повітря.	2
16	Тема 2.3. Комп'ютерне моделювання динаміки небезпечних факторів пожежі у приміщенні.	2
	<b>Всього</b>	<b>32</b>

## Форми та методи навчання і викладання

Вивчення навчальної дисципліни реалізується **в таких формах**: навчальні заняття за видами, виконання індивідуальних завдань (якщо є), консультації, контрольні заходи, самостійна робота.

### Оцінювання освітніх досягнень здобувачів вищої освіти

#### Засоби оцінювання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є: екзамен, усне опитування на лекціях та практичних та заняттях, письмова відповідь на ряд питань або задач за темою розділу на практичних заняттях.

Оцінювання рівня освітніх досягнень здобувачів за освітніми компонентами, здійснюється за 100-бальною шкалою.

## Критерії оцінювання

### Форми поточного та підсумкового контролю

Поточний контроль проводиться у формі індивідуального опитування, виконання письмових завдань

Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену.

### Розподіл та накопичення балів, які отримують здобувачі, за видами навчальних занять та контрольними заходами з дисципліни

Вид навчальної роботи	Кількість	Максимальний бал за вид навчальної роботи	Загальна максимальна сума балів
<b>I. Поточний контроль</b>			
Модуль № 1	Лекції	8	0
	Практичні заняття	7	5
<b>Разом за модуль № 1</b>			<b>35</b>
Модуль № 2	Лекції	6	0
	Практичні заняття	9	5
<b>Разом за модуль №2</b>			<b>45</b>
Разом за поточний контроль			<b>80</b>
II. Індивідуальна самостійна робота			0
III. Екзамен			<b>20</b>
Разом за всі види навчальної роботи			<b>100</b>

Підсумкова оцінка формується з урахуванням результатів:

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

### Поточний контроль.

*Поточний контроль* проводиться на кожному лабораторному та практичному занятті. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на заняттях та набутих навичок під час виконання завдань практичних робіт.

*Критерії поточного оцінювання знань здобувачів на практичному занятті (оцінюється в діапазоні від 0 до 5 балів):*

5 балів – здобувач вільно володіє усім навчальним матеріалом та аргументовано висловлює свої думки, наводить приклади;

4 бали – здобувач орієнтуються в темі, але частково володіє матеріалом і допустив деякі помилки;

3 бали – здобувач правильно розкрив лише окремі положення та може окреслити лише деякі проблемні питання з теми;



2 бали – здобувач поверхнево розкрив лише окремі положення та при цьому допустив суттєві помилки;

1 бал – здобувач частково розуміє, про що йде мова;

0 балів – здобувач не знає відповіді на поставлені питання.

Викладачем оцінюється повнота розкриття питання, цілісність,

### **Підсумковий контроль.**

Критерії оцінювання знань здобувачів на екзамені:

Критерії оцінювання знань здобувачів на екзамені: *(оцінюється в діапазоні від 0 до 20 балів)*:

20 балів – здобувач вільно володіє усім навчальним матеріалом та аргументовано висловлює свої думки, наводить приклади, повно і правильно відповідає на теоретичні питання та вирішує обидві задачі;

15 балів – здобувач орієнтуються в темі, але частково володіє матеріалом і допустив деякі помилки, повністю рішив одну з задач.

10 балів – здобувач правильно розкрив лише окремі положення та може окреслити лише деякі проблемні питання з теми, майже повністю рішив одну з задач;

5 балів – здобувач поверхнево розкрив лише окремі положення та при цьому допустив суттєві помилки.

0 балів – здобувач не знає відповіді на поставлені питання

## **Перелік теоретичних питань для підготовки до екзамену**

### **Модуль 1. Математична теорія горіння**

1. Вид рівнянь хімічної кінетики
2. Швидкість реакцій окислення при різних варіантах протікання (паралельно, послідовно, ефективна)
3. Вираз швидкості хімічної реакції в об'ємі та на поверхні.
4. Рівняння багатокomпонентної гідродинаміки. Рівняння енергії. Граничні умови до рівнянь.
5. Подібності розподілу полів температур і концентрацій. Наслідки для критеріїв подібності..
6. Теплові теорії поширення горіння у газах.
7. Визначення швидкості горіння у різних режимах
8. Рівняння масового та енергетичного балансів при горінні рідин.
9. Модель випаровування при горінні
10. Визначення ефективної швидкості вигорання і прогрівання рідин.

### **Модуль 2. Моделювання горіння в умовах пожежі**

1. Формули опису променистого теплового потоку між довільно розташованими тілами у прозорому середовищі.
2. Оцінка значень коефіцієнтів опромінення.
3. Вид рівнянь енергетичного балансу із врахуванням променистого теплообміну

4. Моделювання займання від променистого теплового потоку
5. Механізм розповсюдження пожежі внаслідок дії променистого потоку тепла.
- 6 Принципи геометричного моделювання розповсюдження пожежі. Моделювання розповсюдження пожежі у однорідному середовищі.
7. Варіанти моделювання розповсюдження пожежі у неоднорідному середовищі (врахування впливів вітру, орієнтації поверхонь горіння, вологості матеріалу, неоднорідності матеріалу, впливу гасячих речовин).
8. Основні положення інтегральної, зонної та диференційної моделі пожежі у приміщенні.
9. Основні рівняння пожежі в інтегральній моделі.
10. Розрахунок параметрів пожежі у приміщенні на початкових стадіях.
11. Методи врахування дії вогнегасних засобів та впливу обмежень постачання повітря.
12. Рівняння зонної моделі пожежі у приміщенні
13. Основні рівняння диференційної моделі у приміщенні.

#### **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.

### **РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

#### **Література**

1. Освітньо-наукова програма «Пожежна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» підготовки за третім (доктор філософії) рівнем вищої освіти в галузі знань 26 "Цивільна безпека": [https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya\\_diyalnosti/osvitni\\_programi/2023/26\\_1\\_PV\\_DPh23.pdf](https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya_diyalnosti/osvitni_programi/2023/26_1_PV_DPh23.pdf) .
2. Термодинаміка і теплопередача у цивільній безпеці: навч. посіб./ А.Я. Шаршанов, І.Б. Рябова. –Х.: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2013 –380 с.
3. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум. В 2-х частинах/ Тарахно О.В., Трегубо Д.Г., Жернокльов К.В., Шепелева А.І., Коврегін В.В. – Х., 2011.

4. Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки: навч. посіб./ О.В. Тарахно. - Харків: АЦЗУ, 2006. - 395 с.

5. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології: курс лекцій / А.Я. Шаршанов, О.В. Тарахно – Х.: НУЦЗУ, 2021. 164 с./ електронне видання.

6. Шаршанов А.Я., Абрамов Ю.О. Захист речовин і матеріалів від теплового впливу пожежі за допомогою екранів і покриттів // Харків: НУЦЗУ, 2023. 280 с.

7. Писарский М.А., Шаршанов А.Я. Особенности моделирования скорости выгорания // Проблемы пожарной безопасности. - 2004. - Вып. 15. - С. 168-171.

8. Шаршанов А.Я., Посник А. Математическое моделирование разлета искр горючих материалов // Проблемы пожарной безопасности. - Х.: НУЦЗУ, 2013. - Вып. 34 - с.179-185.

9. Шаршанов А.Я. Определение области пожароопасных значений параметров разлетающихся искр горючих материалов // Проблемы пожарной безопасности. - Х.: НУЦЗУ, 2014. - Вып. 35 - с.205-211.

10. Зельдович Я.Б. Математическая теория горения и взрыва./ Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.М. – М.: Наука, 1980.

#### **Інформаційні ресурси**

1. [academy.arbu.edu.ua/rus/mbank/](http://academy.arbu.edu.ua/rus/mbank/) (Електронний банк методичної літератури НУЦЗУ).

#### **Розробник:**

старший викладач кафедри СХХТ,  
д.т.н., доцент



Андрій ШАРШАНОВ