

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

“ 25 ” 08 2020 року

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ»**

(очна форма навчання)

циклу професійної (обов'язкової) підготовки

за третім (доктор філософії) рівнем вищої освіти

галузь знань 26 «Цивільна безпека»

спеціальність 261 “Пожежна безпека”

за освітньо-науковою програмою пожежна безпека

Силабус розроблено згідно робочої програми навчальної дисципліни.

Рекомендовано кафедрою спеціальної хімії та хімічної технології на:

2022-2023 навчальний рік

Протокол від « 25 » серпня 2020 року № 1

Перезатверджено. Начальник кафедри СХХТ \_\_\_\_\_

202\_\_-202\_\_ навчальний рік

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ року № \_\_

Перезатверджено. Начальник кафедри СХХТ \_\_\_\_\_

202\_\_-202\_\_ навчальний рік

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ року № \_\_

Перезатверджено. Начальник кафедри СХХТ \_\_\_\_\_

202\_\_-202\_\_ навчальний рік

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ року № \_\_

2020 рік

## Анотація

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». Теоретичні та практичні положення дисципліни є базовими при вирішенні науково-практичних задач пожежної безпеки.

### 1. Інформація про викладача

Загальна інформація	Шаршанов Андрій Янович, доцент кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил, к.ф.-м.н., 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*	моделювання процесів тепло- і масопереносу
Професійні здібності*	

### 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 №208 (корпус кафедри СХХТ). В разі додаткової потреби здобувача в консультації час погоджується з викладачем.

### 3. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни

*Пререквізити:* «Термодинаміка і теплопередача», «Теорія розвитку та припинення горіння» освітнього ступеня «Бакалавр», дисципліни «Теоретичні основи пожежовибухонебезпечності» освітнього ступеня «Магістр», дисциплін «Інформаційні технології у практиці наукових досліджень» і «Методи обробки кількісних показників пожежної небезпеки» освітнього ступеня «Доктор філософії».

*Постреквізити:* Теоретичні та практичні положення дисципліни є базовими при вирішенні науково-практичних задач пожежної безпеки

### 4. Характеристика навчальної дисципліни

*Метою* викладання 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.

Основними завданнями 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.

Згідно з вимогами профільної освітньо-наукової програми здобувачі вищої освіти повинні:

Аналізувати та застосовувати концептуальні моделі, науковий доробок вітчизняних та зарубіжних вчених у сфері пожежної безпеки, фундаментальні постулати та теорії у професійній та суміжних сферах.

Визначати проблеми і шляхи їх вирішення у сфері професійної діяльності. Розробляти організаційні та практичні заходи пов'язані з моніторингом, прогнозуванням, попередженням, локалізацією і ліквідацією, а також мінімізацією наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру з урахуванням досвіду мирових практик.

Застосовувати інформаційні технології, сучасні методи моделювання та прогнозування із використанням новітніх прикладних пакетів і програмних продуктів для наукового обґрунтування та підтвердження/спростування гіпотез.

**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 променистого енергообміну на розповсюдження пожеж;
- принцип геометричного моделювання розповсюдження пожеж;
- основні положення інтегральної, зонної та диференційної моделі пожежі у приміщенні; рівняння інтегральної і зонної моделі пожежі у приміщенні;

**уміти:**

- проводити аналіз основних параметрів процесу горіння;
- 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;

**мати навички**

- складання систем рівнянь, що моделюють процес горіння у конкретних ситуаціях;
- мати навички використання комп'ютерних програм моделювання динаміки пожежі.

*Компетентності*, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та проблеми, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час практичної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів моніторингу та прогнозування, запобігання виникненню пожеж та їх гасіння. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

- здатність проведення дослідницької та інноваційної діяльності;
- здатність до застосування сучасних інформаційних технологій та програмних продуктів у науковій діяльності;
- здатність аналізувати моделі процесів горіння;
- здатність використовувати адекватні моделі горіння під час рішення наукових завдань.

Найменування показників	Опис навчальної дисципліни Денна форма навчання
Рік підготовки	3-й
Семестр	6-й
Обсяг кредитів ЄКТС	4
Загальна кількість годин	120 год.
Лекції	28 год.
Практичні, семінарські	32 год.
Самостійна робота	60 год.
Вид підсумкового контролю	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. . Математична теорія горіння</b>		
1-2	<b>Тема 1.1 Система рівнянь хімічної кінетики та багато рідинної гідродинаміки – основні рівняння теорії горіння.</b> Рівняння хімічної кінетики. Модельні вирази швидкості хімічної реакції в об'ємі та на поверхні. Рівняння багатокомпонентної гідродинаміки. Рівняння енергії. Граничні умови до рівнянь.	Лк - 4 ПЗ – 4 СР - 8
3-4	<b>Тема 1. 2 Математичне моделювання горіння газів</b>	Лк - 4

	Теплові теорії поширення горіння. Розповсюдження полум'я. Структура полум'я. Ламінарне і турбулентне горіння. Подібності розподілу полів температур і концентрацій. Дифузійне горіння. Детонаційне горіння.	ПЗ – 4 СР - 8
5-6	<b>Тема 1.3 Математичне моделювання горіння рідин</b> Рівняння масового та енергетичного балансів при горінні рідин. Швидкість горіння та швидкість прогрівання рідин при горінні.	Лк - 4 ПЗ – 2 СР - 6
7-8	<b>Тема 1.4 Математичне моделювання горіння твердих матеріалів</b> 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.	Лк - 4 ПЗ – 4 СР - 8
<b>Модуль 2. Моделювання горіння в умовах пожежі</b>		
9-11	<b>Тема 2.1 Променевий механізм розповсюдження пожежі</b> Загальні відомості про променистий механізм енергообміну. Рівняння енергетичного балансу з врахуванням променистого теплообміну. Визначення часу займання через дію променистого потоку під час лісової пожежі.	Лк - 4 ПЗ – 6 СР - 10
12-14	<b>Тема 2.2 Геометричне моделювання процесу розповсюдження горіння</b> 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.	Лк - 4 ПЗ – 6 СР - 10
15-17	<b>Тема 2.3 Математичне моделювання пожежі у приміщенні</b> Основні положення інтегральної, зонної та диференційної моделі пожежі у приміщенні. Основні рівняння пожежі. Методи врахування дії вогнегасних засобів та впливу обмежень постачання повітря.	Лк - 4 ПЗ – 6 СР - 10
Усього		120

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

## 6. Список рекомендованої літератури

### Базова

1. Термодинаміка і теплопередача у цивільній безпеці: навч. посіб./ А.Я. Шаршанов, І.Б. Рябова. –Х.: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2013 –380 с.
2. 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.
3. Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки: навч. посіб./ О.В. Тарахно. - Харків: АЦЗУ, 2006. - 395 с.

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

#### Допоміжна

5. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. – М., 2000 – 600 с.

6. Корольченко А.Я. Процессы горения и взрыва./ Учебник. – М.: Пожнаука, 2007 – 266 с.

7. Драздейл Д. Введение в динамику пожаров. Пер. С англ.. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.

8. Основы практической теории горения: учебное пособие для вузов / В.В. Померанцев, К.М.Арефьев, Д.Б. Ахмедов и др.; под редэ В.В. Померанцева. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.

9. Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва. –М.: МГУ, 1957.

10. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1967.

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

12. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С. и др.. Термогазодинамика пожаров в помещениях. – М.: Стройиздат, 1988. – 448 с/

13. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.

14. Писарский М.О., Шаршанов А.Я. Моделювання динаміки небезпечних факторів пожежі у приміщенні // Проблемы пожарной безопасности. - 2002. - Вып. 11. - С. 174-177.

15. Абрамов Ю.А., Киреев А.А, Шаршанов А.Я. Локализация чрезвычайных ситуаций с помощью гелеобразующих составов (на примере крупных пожаров) // Проблемы надзвичайних ситуацій: Зб. наук. пр. АЦЗ України. Вип. 6. – Харків: Фоліо, 2007. с.3-11.

16. Шаршанов А.Я. Теоретические аспекты высыхания геля при пожаре // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. - Вып. 23. - С. 221-229.

17. Шаршанов А.Я. Математическая модель вспучивающихся огнезащитных покрытий // Проблемы пожарной безопасности. – 2011. – Вып. 30. – С. 273-280.

18. Pei Zhu, Xishi Wang, Zhigang Wang, Haiyong Cong, Hiaomin Ni. Experimental and numerical study on attenuation of thermal radiation from large-scale pool fires by water mist curtain // Journal of Fire Science. - 2015. - Vol. 33, No. 4. - P. 269–289.

19. Шимко В.Ю. Использование водопленочных теплозащитных экранов для защиты от теплового излучения при горении проливов сжиженного природного газа // Пожаровзрывобезопасность. - 2013. - Т. 2, № 12. - С. 63–67.

20. Шаршанов А.Я. Моделирование действия двухслойного огнезащитного экрана // Проблемы пожарной безопасности. - 2015. - Вып. 37. - С. 235-240.

21. Шаршанов А.Я. Математическое моделирование неизотермической диффузии паров горючей жидкости сквозь зернистое покрытие // Проблемы пожарной безопасности. – 2019. - Вып. 45. - С. 179-192. (*Ulrich's Periodicals Directory, Academic Research Index -ResearchBib*)

22. Шаршанов А.Я., Абрамов Ю.А., Киреев А.А. Оценка оптимального размера капель огнетушащих гелеобразующих систем // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. - № 2(18). - С. 42-49.

23. Шаршанов А.Я., Абрамов Ю.А., Киреев А.А. Моделирование охлаждения термически толстого тела огнетушащими гелеобразующими составами // Чрезвычайные ситуации. Образование и наука. - 2013. - Т. 8. - № 2. - С. 65-71.

24. Шаршанов А.Я. Расчет предела огнестойкости термически тонкого тела, защищенного поглощающим покрытием. // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. - Т. 3. - № 4. – С. 400-411.

25. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико-хімічні основи використання води у пожежній справі. Навчальний посібник. - Харків, 2004. - 252 с.

### 7. Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти

Оцінювання результатів навчання з дисципліни «*Моделювання процесів горіння*» 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>І. Поточний контроль</b>				
Модуль № 1	Лекції	8	1	8
	ПЗ	7	3	21
	Інд. самот. робота	1	11	11
	Разом за модуль №1			40
Модуль № 2	Лекції	6	1	6
	ПЗ	9	3	27
	Інд. самот. робота	1	7	7
	Разом за модуль №2			40

Екзамен	20
Разом за всі види навчальної роботи	100

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.

### 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

### Перелік тем індивідуальних робіт

1. Математичне моделювання горіння рідин.
2. Математичне моделювання горіння твердих матеріалів.
3. Моделювання впливу шару захисного матеріалу на горіння рідини.
4. Моделювання розповсюдження пожежі променистим механізмом.
5. Способи геометричного моделювання розповсюдження пожежі.

### Перелік контрольних питань

#### 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 багатокомпонентної 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.

## **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:



Андрій ШАРШАНОВ