

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет оперативно-рятувальних сил

Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології

## СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### ТЕРМОДИНАМІКА І ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

(назва навчальної дисципліни)

обов'язова професійна

за освітньо-професійною програмою  
пожежогасіння та аварійно рятувальні роботи

(назва освітньої програми)

підготовки перший (бакалаврський) рівень вищої освіти  
(назва рівня вищої освіти)

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

за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»

(код та найменування спеціальності)

Рекомендовано кафедрою

СХХТ на 2021- 2022

(назва кафедри)

навчальний рік.

Протокол від «25» 08.2021 року №1

Силабус розроблений відповідно до Робочої програми навчальної  
дисципліни «Термодинаміка і теплопередача»

(назва навчальної дисципліни)

2021 рік

## **Загальна інформація про дисципліну**

### **Анотація дисципліни**

Навчальна дисципліна «Термодинаміка і теплопередача» присвячена вивченню законів термодинаміки і теплопередачі, знання яких конче необхідні для розуміння інших професійних дисциплін освітньо-професійної програми «Пожежогасіння та аварійно рятувальні роботи» підготовки здобувачів за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

### **Інформація про науково-педагогічного(них) працівника(ів)**

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	

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

**Мета** вивчення 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.. Навчальна дисципліна «Термодинаміка і теплопередача» належить до обов'язкових компонентів освітньо-професійної програми «Пожежогасіння та аварійно рятувальні роботи» і являється базисною для професійних дисциплін в навчальному плані підготовки здобувачів за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

### Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Форма здобуття освіти	
	очна (денна)	заочна (дистанційна)
<b>Статус дисципліни</b>	<i>обов'язкова професійна</i>	<i>обов'язкова професійна</i>
<b>Рік підготовки</b>	2021-2022	2021-2022
<b>Семестр</b>	3	3
<b>Обсяг дисципліни:</b>		
- в кредитах ЄКТС	4	4
- кількість модулів	2	2
- загальна кількість годин	120	120
<b>Розподіл часу за навчальним планом:</b>		
- лекції (годин)	20	6
- практичні заняття (годин)	32	2
- семінарські заняття (годин)		
- лабораторні заняття (годин)	8	2
- курсовий проект (робота) (годин)		
- інші види занять (годин)		
- самостійна робота (годин)	60	110
- індивідуальні завдання (науково-дослідне) (годин)		
- підсумковий контроль	екзамен	екзамен

### Передумови для вивчення дисципліни

Вивчення курсу ґрунтується на знаннях з фізики, та вищої математики отриманих у закладах середньої освіти та на 1-му курсі.

### Результати навчання та компетентності з дисципліни

Відповідно до освітньої програми Пожежогасіння та аварійно рятувальні роботи, вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити:

- досягнення здобувачами вищої освіти таких результатів навчання

Програмні результати навчання	ПРН
Пояснювати процеси впливу небезпечних чинників пожежі на навколишнє середовище; застосовувати теорії захисту людини, матеріальних цінностей і довкілля від впливу небезпечних чинників пожежі, знання математичних та природничих наук у сфері професійної діяльності.	ПРН04
Знати властивості горючих речовин і матеріалів, механізм виникнення процесів горіння і вибуху; розраховувати параметри пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів та оцінювати особливості їх поведінки в умовах пожежі.	ПРН05
Дисциплінарні результати навчання	<i>абревіатура</i>
Знати: фізичну сутність та основні закони передачі тепла теплопровідністю, конвекцією та випромінюванням; основні методики розрахунку теплових потоків і температур у стаціонарних умовах; методи розрахунку температурних полів у випадку нестационарної теплопровідності	

- формування у здобувачів вищої освіти наступних компетентностей:

Програмні компетентності (загальні та професійні)	ЗК, ПК
Здатність оперувати характеристиками горючих речовин та матеріалів, розуміти механізм процесів горіння і вибуху, обставини, дії та процеси, що спричиняють виникненню пожежі та її розвитку.	ПК14.
Очікувані компетентності з дисципліни	<i>абревіатура</i>
здатність прогнозувати прояв небезпечних властивостей речовин при нагріванні	
здатність визначати безпечні відстані від осередку горіння;	
здатність аналізувати основні процеси, що мають місце при дії високих температур і вогню на матеріали та вплив різних факторів на поведінку матеріалів у цих умовах для визначення засобів протипожежного захисту матеріалів та конструкцій	

## Програма навчальної дисципліни

### Теми навчальної дисципліни:

МОДУЛЬ 1. Основи термодинаміки.

Тема 1.1. Основні поняття термодинаміки. Закони ідеальних газів.

Тема 1.2. Закони термодинаміки.

Тема 1.3. Основні термодинамічні процеси.

Тема 1.4. Термодинаміка рідин пари.

Тема 1.5. Термодинаміка процесів витікання.

Тема 1.6. Термодинамічний аналіз пожежі у приміщенні.

МОДУЛЬ 2. Теплопередача.

Тема 2.1. Основні поняття теплопереносу. Стационарна теплопровідність.

Тема 2.2. Конвекційний теплообмін.

Тема 2.3. Теплообмін при кипінні та конденсації.

Тема 2.4. Променистий теплообмін.

Тема 2.5. Теплопередача

Тема 2.6. Нестационарна теплопровідність.

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

Назви модулів і тем	Очна (денна) форма					
	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські) заняття	лабораторні заняття (інші види занять)	самостійна робота	модульна контрольна робота	
<b>3- й семестр</b>						
<b>Модуль 1 Основи термодинаміки.</b>						
<b>Тема 1.1.</b> Основні поняття та визначення термодинаміки. Закони ідеальних газів	8	2	2	-	4	
<b>Тема 1.2.</b> Закони термодинаміки	7	2	-	2	3	
<b>Тема 1.3.</b> Основні термодинамічні	4	2		-	2	

ні процеси.						
<b>Тема 1.4.</b> Термодинамічні властивості рідин та пари.	6	2	2		2	
<b>Тема 1.5.</b> Термодинаміка процесів витікання газів та пари.	3	-	-		3	
<b>Тема 1.6.</b> Термодинамічний аналіз пожежі у приміщенні..	2	-	-		2	
<b>Разом за модулем 1</b>	30	8	4	2	16	
<b>Модуль 2 Теплопередача</b>						
<b>Тема 2.1.</b> Основні поняття теплопередачі. Стаціонарна теплопровідність.	8	2	2	-	4	
<b>Тема 2.2.</b> Конвекційний теплообмін.	16	2	8	2	4	
<b>Тема 2.3.</b> Теплообмін при зміні агрегатного стану рідини.	4	-	-	-	4	
<b>Тема 2.4.</b> Процеси теплопередачі	12	2	2	2	6	
<b>Тема 2.5.</b> Променистий теплообмін.	20	2	8	2	8	
<b>Тема 2.6.</b> Нестаціонарна теплопровідність.	30	4	8	-	20	
<b>Разом за модулем 2</b>	90	12	28	6	44	
<b>Разом</b>	120	20	32	8	120	

### Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1.1. Розрахунок характеристик газових сумішей.	2
2	Тема 1.4. Розрахунок термодинамічних процесів зміни стану водяної пари.	2
3	Тема 2.1. Теплопровідність крізь одношарові стінки.	2
4	Тема 2.2. Теплообмін при вільній конвекції в задачах пожежної безпеки.	2
5	Тема 2.2. Теплообмін при вимушеній конвекції	2
6	Тема 2.2. Розрахунок теплообміну при вимушеній конвекції. (1)	2
7	Тема 2.2. Розрахунок теплообміну при вимушеній конвекції. (2)	2
8	Тема 2.4. Розрахунок характеристик процесу теплопередачі.	2
9	Тема 2.5. Розрахунок променистого потоку тепла.	2
10	Тема 2.5. Променистий теплообмін, що супроводжує горіння.	
11	Тема 2.5. Розрахунок променистого теплообміну при горінні.	2
12	Теми 2.1-2.5. Задачі стаціонарного теплопереносу	2
13	Тема 2.6. Розрахунок температур в тілах обмежених розмірів (3-й рід, не малі числа Біо).	2
14	Тема 2.6. Розрахунок температур в тілах обмежених розмірів за малих числах Біо.	2
15	Тема 2.6. Розрахунок температур у напівобмежених тілах (1-й рід)	2
16	Тема 2.6. Рішення задач нестаціонарної теплопровідності	2

### Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1.2. Визначення ізобарної теплоємності повітря при атмосферному тиску	2
2	Тема 2.2. Отримання коефіцієнту тепловіддачі у випадку вільної конвекції повітря навколо горизонтальної труби.	2
3	Тема 2.4. Стаціонарна теплопередача крізь бетонну плиту.	2
4	Тема 2.5. Визначення коефіцієнта опромінюваності	2

### Орієнтовна тематика індивідуальних завдань (за наявності)

Тема 1.3. Розрахунок параметрів газів у основних термодинамічних процесах

Тема 1.4. Розрахунок процесів із водяною парою

Тема 1.5. Розрахунок витікання з утворенням вибухонебезпечної суміші

Тема 2.4. Розрахунок стаціонарної теплопередачі крізь багатошарову стінку

Тема 2.2. Розрахунок максимальної довжини рукавної лінії

Тема 2.6. Розрахунок прогріву плити

### Оцінювання освітніх досягнень здобувачів вищої освіти

#### Засоби оцінювання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є: екзамен, стандартизовані тести; письмова відповідь на ряд питань або задач за темою розділу по варіантах; виконання письмових контрольних завдань, усне опитування на лекціях, практичних та лабораторних заняттях.

Оцінювання рівня освітніх досягнень здобувачів за освітніми компонентами, здійснюється за 100-бальною шкалою, що використовується в НУЦЗ України з переведенням в оцінку за рейтинговою шкалою - ЄКТС та в 4-бальну шкалу.

**Таблиця відповідності результатів оцінювання знань з навчальної дисципліни за різними шкалами**

За 100-бальною шкалою, що використовується в НУЦЗ України	За рейтинговою шкалою (ЄКТС)	За 4-бальною шкалою
90-100	A	відмінно
80-89	B	добре
65-79	C	
55-64	D	задовільно
50-54	E	
35-49	FX	незадовільно
0-34	F	

**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	4	0
	Лабораторні заняття*	1	5
	Практичні заняття	2	3
	Розрахункова робота 1*	1	5



<b>Разом за модуль № 1</b>				<b>16</b>
Модуль № 2	Лекції	6	0	0
	Лабораторні заняття*	3	5	15
	Практичні заняття	14	3	42
	Розрахункова робота 2*	1	7	7
<b>Разом за модуль №2</b>				<b>64</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>

*Пояснення:\** види навчальних занять та контрольні заходи для обов'язкового виконання.

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 3 балів):*

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

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

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

0,5 бала – здобувач поверхнево розкрив лише окремі положення та при цьому допустив суттєві помилки.

0 балів – здобувач не знає відповіді на поставлені питання

Поточна оцінка практичного заняття можлива також за рахунок *письмового контрольного опитування*, яке може мати як теоретичні запитання з теми, так і рішення конкретних задач. Викладачем оцінюється повнота розкриття питання (рішення задачі), цілісність, системність, логічна послідовність, вміння формулювати висновки, акуратність оформлення роботи, самостійність виконання.

*Критерії оцінювання знань здобувачів при виконанні контрольної роботи (оцінюється в діапазоні від 0 до 4 балів):*

3 бали – здобувач вільно володіє усім навчальним матеріалом та

аргументовано висловлює свої думки, наводить приклади (повністю розв'язав задачу);

2 бали – здобувач орієнтуються в темі, але частково володіє матеріалом і допустив деякі помилки (задача вирішена в основному);

1 бал – здобувач правильно розкрив лише окремі положення та може окреслити лише деякі проблемні питання з теми (розв'язок зроблено у вірному напрямку, але з суттєвими помилками);

0,5 бала – здобувач поверхнево розкрив лише окремі положення та при цьому допустив суттєві помилки (правильно зроблені окремі частини).

0 балів – здобувач не знає відповіді на поставлені питання

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

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

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

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

1 бал – здобувач поверхнево розкрив лише окремі положення та при цьому допустив суттєві помилки.

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. Основи термодинаміки.**

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 процеси: визначення; формула в  $P$ - $V$ -координатах у випадку ідеальних газів.

11. Ізохорні процеси: визначення, формула в  $P$ - $V$ -координатах у випадку ідеальних газів.

12. Ізобарні процеси: визначення; формула в  $P$ - $V$ -координатах у випадку ідеальних газів.

13. Адіабатні процеси: визначення; формула в  $P$ - $V$ -координатах у випадку ідеальних газів.

14. Політропні процеси: визначення; формула в  $P$ - $V$ -координатах у випадку ідеальних газів.

15. Сопло Лавалля: конструкція, мета використання.

## **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 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.

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 та пучків 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 (Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта.)

17. Променистий теплообмін поміж плоско-паралельними тілами в прозорому середовищі.

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

19. Променистий теплообмін поміж твердими тілами довільної форми, що розділені непоглинаючим середовищем.

20. Променистий теплообмін: розрахунок відстаней, безпечних у пожежному відношенні (визначення протипожежних розривів між будівлями та спорудами.).

21. Три елементарні види теплообміну. Складний теплообмін.

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

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

24. Нагрівання необмеженої плоскої стінки, що омивається середовищем з постійною температурою: рівняння, граничні умови, параметри, що визначають рішення.

### **Політика викладання навчальної дисципліни**

1. Активна участь в обговоренні навчальних питань, попередня підготовка до лабораторних та 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-професійна програма «Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти в галузі знань 26 «Цивільна безпека».
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.В. 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.
6. Шаршанов А.Я., Трефілова Л.М. Термодинаміка і теплопередача. Довідник. -Харків: НУЦЗУ, 2017. -24 с.
7. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка. Київ: Техніка, 2001. - 320 с.
8. Задачник по термодинамике и теплопередаче/ Под ред. Ю.А.Кошмарова.-М.: ВИПТШМВДРФ, 1995.

### Інформаційні ресурси

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

### Розробники:

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

викладач кафедри СХХТ,  
д.ф.-м.н., с.н.с.



Андрій Шаршанов

Лариса Трефілова