

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та водного господарства

**01-06-062S**

<b>СИЛАБУС SYLLABUS</b>	<b>Спецпитання тепломасообміну</b>	
	<b>Special issues of heat and mass transfer</b>	
Шифр за ОП Code in Degree Programme	ВК 8.1	
Освітній рівень Level of Education	Бакалаврський (перший)	
	Bachelor's (first)	
Галузь знань Field of Knowledge	14	Електрична інженерія Electrical engineering
Спеціальність Field of Study	144	Теплоенергетика Heat Power Engineering
Освітня програма Degree Programme	Теплоенергетика	
	Heat Power Engineering	

Силабус «*Спецпитання тепломасообміну*» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «*Теплоенергетика*», спеціальності 144 «*Теплоенергетика*». Рівне. НУВГП. 2023. - 12 с.

ОП на сайті університету: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/21000>

Розробник силабусу: *Куба Віталій Васильович, старший викладач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин (ГЕ, ТЕ та ГМ)*

Силабус схвалений на засіданні кафедри  
Протокол № 4 від “29” листопада 2023 року

Завідувач кафедри: *Рябенко Олександр Антонович, д.т.н., професор.*

Керівник (гарант) ОП: *Костюк Олександр Павлович, к.т.н., доцент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин (ГЕ, ТЕ та ГМ)*

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІЕАВГ  
Протокол № 4 від “19” грудня 2023 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІЕАВГ: *Сафоник Андрій Петрович, д.т.н., професор*


© Куба Віталій Васильович. 2023

© НУВГП, 2023

## ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Ступінь вищої освіти	<i>Бакалавр</i>
Освітня програма	<i>Теплоенергетика</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Рік навчання, семестр	<i>Денна форма навчання: третій рік навчання, шостий семестр. Заочна форма навчання: четвертий рік навчання, восьмий семестр</i>
Кількість кредитів	<i>5 кредитів ЄККТС</i>
Лекції:	<i>Денна форма навчання: 32 годин Заочна форма навчання: 2 годин</i>
Практичні заняття:	<i>Денна форма навчання: 20 годин Заочна форма навчання: 14 годин</i>
Самостійна робота:	<i>Денна форма навчання: 98 годин Заочна форма навчання: 134 години</i>
Форма навчання	<i>денна/заочна</i>
Форма підсумкового контролю	<i>залік</i>
Мова викладання	<i>українська</i>

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО РОЗРОБНИКА (ІВ)

Лектор 	<i><b>Куба Віталій Васильович</b>, старший викладач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин</i>
Вікіситет	<a href="https://cutt.ly/aWuzYUV">https://cutt.ly/aWuzYUV</a>
ORCID	
Як комунікувати	<a href="mailto:v.v.kuba@nuwm.edu.ua">v.v.kuba@nuwm.edu.ua</a> Актуальні оголошення на сторінках дисципліни в системі MOODLE <a href="https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2322">https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2322</a>

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНІЙ КОМПОНЕНТ

### Мета та завдання

- **Метою** вивчення дисципліни «Спецпитання тепломасообміну» є формування у майбутніх фахівців поглиблених знань процесів тепло - і масообміну, розвиток навиків і вміння використовувати основні закономірності тепломасообміну при розв'язанні конкретних задач теплових розрахунків теплотехнічного обладнання зі специфічними умовами.

- **Завдання** навчальної дисципліни «Спецпитання тепломасообміну» - забезпечити необхідний рівень знань процесів тепломасообміну з параметрами, які характерні для окремих галузей та установок, розуміти фізичну сутність процесів тепломасообміну, що протікають у специфічних умовах, застосовувати основні теоретичні положення до розв'язування практичних задач

проектування, розрахунку і вибору теплотехнічних установок та обладнання.

**Посилання на розміщення освітнього компонента на навчальній платформі Moodle, на платформі освітніх програм та їхніх освітніх компонентів**

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2322>

**Передумови вивчення\***

**(місце освітнього компоненту в структурно-логічній схемі)**

Міждисциплінарні зв'язки: навчальна дисципліна «Спецпитання тепломасообміну» є складовою частиною циклу вільного вибору здобувачів вищої освіти спеціальності 144 «Теплоенергетика» і її вивчення передбачає наявність ґрунтовних знань із раніше вивчених навчальних дисциплін: «Фізика», «Гідрогазодинаміка», «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін». та закладає основи для вивчення навчальних дисциплін «Високотемпературні процеси та установки», «Теплотехнологічні процеси та установки», «Котельні установки промислових підприємств».

**Компетентності**

**ЗК4.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

**ФК1.** Здатність застосовувати відповідні методи математики, природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

**ФК2.** Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем.

**Програмні результати навчання (ПРН). Результати навчання (РН)\***

**РН1.** Знати і розуміти математику, фізику, хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

**РН2.** Знати і розуміти інженерні науки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки у сфері теплоенергетики.

**РН4.** Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.

**РН8.** Застосовувати передові досягнення електричної інженерії та суміжних галузей при проектуванні об'єктів і процесів теплоенергетики.

**Структура та зміст освітнього компонента**

**Змістовий модуль 1**

**ОКРЕМІ ЗАДАЧІ ТЕПЛООБМІНУ**

**Тема 1. Дослідження процесів теплопровідності методом аналогій.**

Наближені методи розв'язку задач теплопровідності. Метод аналогій. Електротеплова аналогія. Моделі з безперервними параметрами та з зосередженими параметрами.

### **Тема 2. Тепловіддача поверхонь зі штучною шорсткістю**

Інтенсифікація процесу тепловіддачі за рахунок створення штучної шорсткості. Види шорсткості. Оптимальні параметри штучної шорсткості. Порівняння застосування штучної шорсткості з підвищенням швидкості з точки зору інтенсифікації процесу тепловіддачі.

### **Тема 3. Тепловіддача рідких металів**

Умови застосування рідких металів. Тепловіддача в каналах різної форми та при обтіканні тіл. Тепловіддача при вільній конвекції рідких металів.

### **Тема 4. Тепловіддача при русі газу з великими швидкостями**

Зв'язок між температурою та швидкістю звуку в газах. Параметри гальмування потоку. Коефіцієнт поновлення температури та узагальнений коефіцієнт тепловіддачі. Тепловіддача до пластини. Тепловіддача при русі потоку в трубах.

### **Тема 5. Тепловіддача при надкритичному стані речовини**

Надкритичний та навколокритичний стан речовини. Особливості властивостей речовини та теплообміну в надкритичному та навколокритичному стані речовини.

### **Тема 6. Тепловіддача розріджених газів**

Особливості процесів переносу в розріджених газах. Взаємодія молекул з поверхнею. Вільний молекулярний переніс теплоти. Течія з просковзуванням і температурним стрибком. Вільна конвекція в розрідженому газі. Вакуумна ізоляція.

### **Тема 7. Охолодження електричних машин і трансформаторів**

Схеми охолодження. Тепловий розрахунок елементів електричних машин і трансформаторів. Види теплообмінників та їх характеристики. Охорона праці при експлуатації електричних машин і трансформаторів.

### **Тема 8. Теплообмін в електротермічних установках**

Класифікація електротермічних установок (ЕТУ) і їх основні характеристики. Визначення корисної та встановленої потужності. Теплові втрати в ЕТУ. Нагрів виробів. Теплообмін в електropечках опору. Інфрачервоний нагрів. Електронно-променевий нагрів. Плазмовий нагрів. Охорона праці при експлуатації електротермічних установок.

## **Змістовий модуль 2**

### **ТЕПЛОМАСООБМІННІ ПРОЦЕСИ**

#### **Тема 9. Тепло- і масообмін при фазових перетвореннях**

Кипіння рідини у вертикальних трубах. Кипіння у горизонтальних і похилих трубах. Механізм теплообміну при плівковому кипінні рідини. Тепловіддача при ламінарному та турбулентному русі парової плівки. Тепло- і масообмін при конденсації пари з парогазової суміші.

#### **Тема 10. Кризи теплообміну при кипінні в каналах**

Загальні положення. Криза теплообміну в круглих трубах. Криза в змієвикових трубах. Криза теплообміну в кільцевих каналах. Кризи кипіння в пучках стержнів атомних реакторів.

#### **Тема 11. Вплив інтенсифікації теплообміну на кризи при кипінні**

Інтенсифікації теплообміну турбулізацією потоку. Інтенсифікація теплообміну закруткою. Вплив шорсткості поверхні на кризу. Вплив

відкладень на поверхні.

### Тема 12. Тепло- і масообмін при хімічних перетвореннях

Основні відомості про хімічні перетворення. Гетерогенні та гомогенні реакції. Теплота хімічної реакції. Основні рівняння тепломасообміну при хімічних перетвореннях. Теплообмін між газовою сумішшю та поверхнею розділу фаз.

Тема	РН	Форма організації навчання	Кількість годин		
			Денна форма	Заочна форма	
Рік підготовки – 3-й, семестр 6-й					
Модуль 1.					
Змістовий модуль 1. Окремі задачі теплообміну					
Тема 1	Дослідження процесів теплопровідності методом аналогій	РН <sub>1</sub> , РН <sub>2</sub> , РН <sub>4</sub> , РН <sub>8</sub>	Лекції	4	1
			Практичні	2	2
			Самостійна	12	13
Тема 2	Тепловіддача поверхонь штучною шорсткістю зі	РН <sub>1</sub> , РН <sub>2</sub> , РН <sub>4</sub> , РН <sub>8</sub>	Лекції	2	-
			Практичні	2	1
			Самостійна	6	10
Тема 3	Тепловіддача рідких металів	РН <sub>1</sub> , РН <sub>2</sub> , РН <sub>4</sub> , РН <sub>8</sub>	Лекції	2	-
			Практичні	2	1
			Самостійна	6	10
Тема 4	Тепловіддача при русі газу з великими швидкостям	РН <sub>1</sub> , РН <sub>2</sub> , РН <sub>4</sub> , РН <sub>8</sub>	Лекції	2	-
			Практичні	2	1
			Самостійна	6	10
Тема 5	Тепловіддача при надкритичному стані речовин	РН <sub>1</sub> , РН <sub>2</sub> , РН <sub>4</sub> , РН <sub>8</sub>	Лекції	2	-
			Практичні	2	1
			Самостійна	6	10
Тема 6	Тепловіддача розріджених газів	РН <sub>1</sub> , РН <sub>2</sub> , РН <sub>4</sub> , РН <sub>8</sub>	Лекції	2	-
			Практичні	1	1
			Самостійна	6	10
Тема 7	Охолодження електричних машин і трансформаторів	РН <sub>1</sub> , РН <sub>2</sub> , РН <sub>4</sub> , РН <sub>8</sub>	Лекції	2	-
			Практичні	1	1
			Самостійна	6	10
Тема 8	Теплообмін в електротермічних установка	РН <sub>1</sub> , РН <sub>2</sub> ,	Лекції	4	-
			Практичні	2	1

		PH <sub>4</sub> , PH <sub>8</sub>	Самостійна	14	14
<b>Змістовий модуль 2. Тепломасообмінні процеси</b>					
Тема 9	Тепло- і масообмін при фазових перетвореннях	PH <sub>1</sub> , PH <sub>2</sub> , PH <sub>4</sub> , PH <sub>8</sub>	Лекції	4	1
			Практичні	2	2
			Самостійна	16	14
Тема 10	Кризи теплообміну при кипінні в каналах	PH <sub>1</sub> , PH <sub>2</sub> , PH <sub>4</sub> , PH <sub>8</sub>	Лекції	2	-
			Практичні	2	1
			Самостійна	6	10
Тема 11	Вплив інтенсифікації теплообміну на кризи при кипінні	PH <sub>1</sub> , PH <sub>2</sub> , PH <sub>4</sub> , PH <sub>8</sub>	Лекції	2	-
			Практичні	-	1
			Самостійна	6	10
Тема 12	Тепло- і масообмін при хімічних перетвореннях	PH <sub>1</sub> , PH <sub>2</sub> , PH <sub>4</sub>	Лекції	4	-
			Практичні	2	1
			Самостійна	14	13

#### **Форми та методи навчання**

Лекції, презентації, індивідуальні практичні завдання, обговорення, дискусія

#### **Інструменти, обладнання, програмне забезпечення**

Мультимедіа, інформаційно-комунікаційні системи, таблиці для виконання розрахунків.

#### **Порядок оцінювання програмних результатів навчання/ результатів навчання**

Методи оцінювання знань базуються на проведенні контролю роботи здобувачів вищої освіти та оцінюванні ступеня засвоєння пройденого матеріалу.

Поточний контроль знань здобувачів вищої освіти із навчальної дисципліни здійснюється в усній і письмовій формі. Контрольні завдання за змістовим модулем включають комплект комплексних контрольних робіт (ККР), які містять теоретичну частину (тестові завдання) та практичну частину (розрахункові задачі). Контроль роботи здобувачів вищої освіти проводиться за такими видами робіт:

- усне опитування здобувачів вищої освіти під час лекцій, практичних занять;
- перевірка та захист виконаних практичних та індивідуальних завдань;

Усі форми контролю включені до 100-бальної шкали оцінювання

#### **Шкала оцінювання практичних занять**

№ з/п	Теми практичних занять	Бали
1	Дослідження процесів теплопровідності методом	6

	аналогій	
2	Тепловіддача поверхонь зі штучною шорсткістю	6
3	Тепловіддача рідких металів	6
4	Тепловіддача при русі газу з великими швидкостям	6
5	Тепловіддача при надкритичному стані речовин	6
6	Тепловіддача розріджених газів. Охолодження електричних машин і трансформаторів	6
7	Теплообмін в електротермічних установка	6
8	Тепло- і масообмін при фазових перетвореннях	6
9	Кризи теплообміну при кипінні в каналах	6
10	Тепло- і масообмін при хімічних перетвореннях	6
<b>Усього</b>		<b>60</b>

Ступінь засвоєння здобувачами вищої освіти пройденого матеріалу оцінюється шляхом тестування з використанням технічних засобів. Поточний контроль знань здобувачів вищої освіти (модулі 1, 2) та підсумковий контроль знань (залік) проводяться у Центрі незалежного оцінювання знань НУВГП. Знання за кожним модулем оцінюються у 20 балів, а підсумковий контроль знань (залік) – 40 балів.

У випадку отримання здобувачем вищої освіти менше 60 балів за виконання практичних робіт та поточного контролю знань (модулі 1, 2), або не проходження хоча б одного з модулів, він повинен пройти підсумковий контроль знань (залік).

У випадку отримання здобувачем вищої освіти 60, або більше балів, за виконання практичних робіт та повного проходження поточного контролю знань (модулі 1 і 2), він отримує залік. Таким чином, максимальна оцінка знань з дисципліни «Спецпитання тепломасообміну» становить 100 балів.

Структура оцінки поточного (модулі 1, 2) та підсумкового (залік) контролів знань за трьома рівнями (1 – достатній рівень складності, 2 – вище достатнього рівня складності, 3 – високий рівень складності) показано в таблицях.

Таблиця формування тестового завдання  
поточного контролю знань (модулі 1, 2)

Рівень складності	Загальна кількість завдань у базі	Кількість завдань в білеті	Оцінка завдань (бали)	
			За одне	Загальна
1	110	30	0,4	0-12
2	30	5	1	0-5
3	10	1	3	0-3
<b>Усього</b>	<b>150</b>	<b>36</b>	—	<b>0-20</b>

Таблиця формування тестового завдання  
підсумкового контролю знань (залік)

Рівень складності	Загальна кількість завдань у базі	Кількість завдань в білеті	Оцінка завдань (бали)	
			За одне	Загальна
1	220	30	0,9	0-27
2	60	9	1	0-9



3	20	1	4	0-4
<b>Усього</b>	<b>300</b>	<b>40</b>	<b>—</b>	<b>0-40</b>

Запитання 1-го та 3-го рівнів складності допускають лише одну правильну відповідь, 2-го рівня – дві або більше правильні відповіді.

*Лінки на нормативні документи, що регламентують проведення поточного та підсумкового контролів знань і надають здобувачам вищої освіти можливість подавати апеляції:*

- Положення про навчально-науковий центр незалежного оцінювання Національного університету водного господарства та природокористування;
- Положення про семестровий поточний та підсумковий контроль навчальних досягнень здобувачів вищої освіти;
- Система оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти (семестровий поточний контроль) зі змінами та доповненнями.

<https://cutt.ly/TgJjR0c>

<http://nuwm.edu.ua/struktorni-pidrozdili/navch-nauk-tsentr-nezalezhnogo-otsiniuvannia-znan/dokumenty>

#### **Рекомендована література (основна, допоміжна)**

##### **Основна**

1. Константінов С. М. Тепломасообмін: Підручник. – К.:ВПІ ВПК "Політехніка": Інрес, 2005. – 304 с.: іл.
2. Малкін Е.С. Спеціальні питання тепломасообміну /Е.С. Малкін, І.Е. Фуртат, Н.Є. Журавська// Підручник.- Київ: КНУБА, 2017-288 с
3. Чепурний М. М. Тепломасообмін в прикладах і задачах : навчальний посібник / М. М. Чепурний, Н.В. Резидент. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 128 с.

##### **Допоміжна**

1. Лабой В.Й. Тепломасообмін. – Львів: Тріада Плюс, 1998. – 260 с.
2. Константінов С.М., Луцик Р.В. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну. Навч.посіб.-К.: Видавництво "Освіта України", 2009.-544 с.: іл.
3. Лабай В.Й. Приклади і задачі з курсу тепломасообміну. Львів : Вид. Львівської політехніки, 2017. - 228 с.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернет**

1. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka>.
2. Наукова бібліотека Кабінету Міністрів України (м. Київ, вул. Грушевського. 12/2) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kmu.gov.ua/>.
3. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, пл. Короленка, 6) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://libr.rv.ua/>.
4. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського (м. Київ, Голосіївський проспект, 3) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://nbuv.gov.ua/>.

5. Національна парламентська бібліотека України (м. Київ, вул. М. Грушевського, 1) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nplu.org/>.

6. Державна науково-технічна бібліотека України (м. Київ, вул. Антоновича, 180) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gnbt.gov.ua/>.

7. Рівненська централізована бібліотечна система (м. Рівне, вул. Київська, 44) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cbs.rv.ua/>.

8. Науково-технічна бібліотека ім. Г.І. Денисенка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Проспект Перемоги, 37) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.library.kpi.ua/>, <http://culonline.com.ua/>, <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2145>.

9. Національна бібліотека України імені Ярослава Мудрого (м. Київ, вул. Грушевського, 1) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://elib.nplu.org/>.

10. Науково-технічна бібліотека Національного університету «Львівська політехніка» (м. Львів, вул. Професорська, 1) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://library.lp.edu.ua/tp/>.

11. Науково-технічна бібліотека Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків, вул. Кирпичева, 2) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [bl@kpi.kharkov.ua](mailto:bl@kpi.kharkov.ua), <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/2810>.

#### **Поєднання навчання та досліджень\* (за потреби)**

Здобувачі вищої освіти мають можливість долучитись до студентського наукового гуртка, керівником якого є викладачі кафедри ГЕ, ТЕ та ГМ, та додатково отримати бали за виконання індивідуальних завдань дослідницького характеру, а також можуть бути долучені до написання та опублікування наукових статей, отримання патентів з тематики курсу.

#### **ПОЛІТИКИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ**

##### **Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)**

Уміння слухати і запитувати, комплексне рішення проблем, критичне мислення та креативність під час розв'язання комплексного індивідуального завдання з дисципліни.

##### **Дедлайни та перескладання**

Ліквідація академічної заборгованості, право студента на повторне вивчення дисципліни чи повторне навчання на курсі, здійснюється згідно «Порядку ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП», <http://ep3.nuwm.edu.ua/4273/>.

Перездача модульних контролів здійснюється згідно <http://nuwm.edu.ua/strukturi-pidrozdzili/navch-nauk-tsentmezalezho-otsiniuvannia-znan/dokumenty>.

Оголошення стосовно дедлайнів здачі частин навчальної дисципліни оприлюднюються на сторінці даної дисципліни на платформі Moodle: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2251>

### **Неформальна та інформальна освіта (за потреби)**

Здобувач вищої освіти має можливість визнання (перезарахування) результатів навчання в розрізі тематики курсу, які він набув у неформальній та інформальній освіті, згідно «Положення про неформальну та інформальну освіту в НУВГП». <http://ep3.nuwm.edu.ua/18660/>

### **Правила академічної доброчесності**

Здобувачі вищої освіти повинні дотримуватися Кодексу честі студентів НУВГП <http://ep3.nuwm.edu.ua/4917/>  
У випадках виявлення плагіату при виконанні завдання, здобувач вищої освіти не отримує бали і повинен виконати завдання повторно, згідно Положення про виявлення та запобігання академічного плагіату в Національному університеті водного господарства та природокористування <http://ep3.nuwm.edu.ua/10325/>

### **Вимоги до відвідування**

Лекції та практичні заняття відбуваються в офлайн або онлайн режимі згідно розкладу.

У випадку пропуску заняття (лікарняні, мобільність тощо) відпрацювати його можна за графіком консультацій викладача, який розміщено на сайті кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин. <https://nuwm.edu.ua/nni-vgp/kaf-gtgm/hrafik-konsultatsii>

Індивідуальні завдання можна отримати згідно з індивідуальним навчальним планом студента відповідно до «Положення про організацію освітнього процесу у Національному університеті водного господарства та природокористування» <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/4088>

Автор  
Старший викладач

Віталій КУБА

Затверджено

Проректор з науково-педагогічної та  
навчальної роботи

Валерій СОРОКА

