

# СИЛАБУС ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ



## ТЕПЛОМАСООБМІН

спеціальність	142 енергетичне машинобудування	обов'язковість дисципліни	обов'язкова
освітня програма	Процеси та обладнання систем охолодження й кондиціонування	факультет	енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій
освітній рівень	перший (бакалаврський)	кафедра	інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування

## ВИКЛАДАЧ

Потапов Володимир Олексійович



Вища освіта – спеціальність «Радіофізика та електроніка», спеціальність «радіофізика»  
Науковий ступень - доктор технічних наук 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв».

Вчене звання - професор кафедри холодильної та торговельної техніки.

Відмінник освіти України.

Досвід роботи – більше 40 років.

Показники професійної активності з тематики курсу:

- Автор більше 70 публікацій, 2 підручників, 2 монографій,
- співавтор ОПП «Процеси та обладнання систем охолодження й кондиціонування» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» за першим (бакалаврським рівнем);
- член Громадської Співки «Холодильна асоціація України»;
- автор більше 10 методичних розробок;
- учасник наукових і методичних конференцій.

телефон

0661392227

електронна пошта

potapov@bigmir.net

дистанційна підтримка

Moodle

До викладання дисципліни долучені:

## ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНЮ КОМПОНЕНТУ (ДИСЦИПЛІНУ)

Мета	формування у студентів компетентностей щодо розв'язування спеціальних завдань та практичних проблем в галузі енергетичного машинобудування на основі застосування базових знань про тепло-масообмінні процеси
Формат	лекції, практичні заняття, самостійна робота, індивідуальні завдання
Деталізація результатів навчання	<ul style="list-style-type: none"><li>• розуміти та знати основні закони і принципи побудови теорії тепло-масообміну: (ЗК9, СК7, РН2-РН4, РН8, РН18, РН22, РН23) / <b>практичні заняття; індивідуальні завдання;</b></li><li>• вміти застосовувати теорію тепло-масообміну на практиці для розрахунків процесів в енергетичному обладнанні, моделювати на інженерному рівні процеси тепло-масообміну в техніці та описувати їх за допомогою основних законів і критеріальних рівнянь; (ЗК9, СК7, СК15, РН4-РН15, РН17, РН18, РН22, РН23) / <b>практичні заняття, індивідуальні завдання;</b></li><li>• розуміти шляхи інтенсифікації процесів тепло-масообміну в теплоенергетичному обладнанні, установках та захист їх від теплових впливів; (СК7, СК15, РН4-РН15, РН17, РН18, РН22, РН23) / <b>практичні заняття, індивідуальні завдання</b></li></ul>
Обсяг і форми контролю	6 кредитів ECTS (180 годин): 60 годин лекцій; 30 годин практичних занять; 90 годин самостійної роботи, підсумковий контроль – залік, іспит.

Вимоги викладача вчасне виконання завдань, активність

Умови зарахування згідно з навчальним планом

## ВІДПОВІДНІСТЬ СТАНДАРТУ ОСВІТИ І ОСВІТНІЙ ПРОГРАМІ

### Компетенції

- ЗК9.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- СК7.** Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів у ході підготовки виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових енергетичних об'єктів та систем.
- СК15.** Здатність застосовувати обізнаність з питань холодильних технологій для впровадження енерго- та ресурсозберігаючих систем охолодження та кондиціонування.

### Програмні результати навчання

**РН2.** Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.

**РН3.** Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 Енергетичне машинобудування.

**РН4.** Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

**РН5.** Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; розуміти важливість не технічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

**РН6.** Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють конкретні вимоги, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосування адекватної методології проектування.

**РН7.** Проектувати об'єкти енергетичного машинобудування, застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти на основі розуміння передових досягнень галузі.

**PH8.** Використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань принаймні в одному з напрямів енергетичного машинобудування.

**PH9.** Застосовувати нормативні документи і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань.

**PH10.** Планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

**PH11.** Розуміння застосовуваних методик проектування і досліджень у сфері енергетичного машинобудування, а також їх обмежень.

**PH12.** Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень.

**PH13.** Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміння їх обмежень при вирішенні професійних завдань.

**PH14.** Застосовувати норми інженерної практики у сфері енергетичного машинобудування.

**PH15.** Розуміння нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) наслідків інженерної практики.

**PH17.** Управляти професійною діяльністю у роботі над проектами принаймні в одному з напрямів енергетичного, беручи на себе відповідальність за прийняття рішень.

**PH18.** Ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень з інженерним співтовариством і суспільством загалом.

**PH22. Вміти аналізувати, проектувати, розробляти, модернізувати і впроваджувати високотехнологічні процеси та ефективне обладнання систем охолодження та кондиціонування.**

**PH23. Знати і розуміти холодильні технології для впровадження енерго- та ресурсозберігаючих систем охолодження та кондиціонування.**

## СТРУКТУРА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ (ДИСЦИПЛІНИ)

Лекція 1.	Основні поняття та терміни тепломасообміну	Практичне заняття ПЗ 1	Вихідні положення тепломасообміну. Визначення коефіцієнта теплопровідності ізоляційних матеріалів.		Конструкційні метали і сплави, вогнетривки, кераміка, органічні та неорганічні теплоізоляційні матеріали.
Лекція 2.	Основні теорії теплопровідності				
Лекція 3.	Стаціонарна теплопровідність. Передача теплоти через плоскі стінки.	ПЗ 2	Закон Фур'є. Плоска одношарова та багатшарова стінка.		Методи регулювання (збільшення, зменшення) інтенсивності теплопередачі.
Лекція 4.	Передача теплоти через циліндричні та сферичні стінки.				
Лекція 5.	Температурне поле при дії джерел теплоти. Теплопередача через ребристу стінку	ПЗ 3	Теплопровідність при стаціонарному режимі. Циліндрична одношарова та багатшарова стінка.		Чисельний метод вирішення стаціонарних завдань теплопровідності
Лекція 6.	Двовимірне температурне поле. Теплопровідність при малих значеннях числа Біо				
Лекція 7.	Нестаціонарна теплопровідність. Температурне поле в процесі охолодження (нагрівання).	ПЗ 4	Теплопровідність при стаціонарному режимі. Критичний діаметр ізоляції.		Чисельний метод вирішення нестаціонарних завдань теплопровідності
Лекція 8.	Залежність процесу охолодження (нагрівання) від форми і розмірів тіла. Регулярний режим.				
Лекція 9.	Фізичні уявлення і математичний опис конвективного теплообміну	ПЗ 5	Вибір критеріальних рівнянь тепловіддачі.	С а м о с т і	Термомеханічні напруження конструкцій
Лекція 10.	Елементи теорії теплової подібності				
Лекція 11.	Ламінарний приграничний шар	ПЗ 6	Розрахунок параметрів теплового та гідродинамічного приграничного		Теплообмін за підвищеного тиску

			шару.	Й н а  р о б о т а	
Лекція 12.	Турбулентний приграничний шар				
Лекція 13.	Течія та теплообмін у трубах. Загальні відомості	ПЗ 7	Розрахунок тепловіддачі при вимушеній конвекції.		Теплообмін за пониженого тиску
Лекція 14.	Вимушена конвекція за умов ламінарної течії				
Лекція 15.	Вимушена конвекція в циліндричних трубах круглого перерізу	ПЗ 8	Розрахунок тепловіддачі у трубах та каналах некруглого перерізу. Розрахунок тепловіддачі при обтіканні поодиноких тіл різної форми		Теплообмін при надзвукових швидкостях
Лекція 16.	Теплообмін у каналах некруглого перерізу. Обтікання поодиноких тіл різної форми				
Лекція 17.	Теплообмін при поперечному обтіканні труб та пучка труб.	ПЗ 9	Розрахунок тепловіддачі при вільній конвекції за ламінарної та турбулентної течії		Тепломасообмін при горінні рідкого палива.
Лекція 18.	Вільна ламінарна та турбулентна конвекція на вертикальній поверхні. Конвекція на горизонтальних поверхнях.				
Лекція 19.	Вільна конвекція в обмеженому об'ємі. Змішана конвекція.	ПЗ 10	Розрахунок тепловіддачі при фазових переходах.		Основні процеси теплообміну в ядерній енергетиці
Лекція 20.	Конвекційний теплообмін при зміні агрегатного стану. Плівкова та крапельна конденсація пари.				
Лекція 21.	Теплообмін під час пароутворення	ПЗ 11	Тепломасообмін при конденсації пари з парогазової суміші		Програмні продукти для моделювання складного теплообміну.
Лекція 22.	Теплообмін випромінюванням. Основні закони випромінювання.				
Лекція 23.	Теплообмін між паралельними поверхнями. Теплообмін за наявності екранів.	ПЗ 12	Теплообмін випромінюванням: між твердими тілами, що розділені прозорим середовищем; при наявності екранів; між тілом та оболонкою, що його оточує; у газах.		Тепломасообмінні апарати криогенної техніки
Лекція 24.	Променевий теплообмін у				

	поглинальних та випромінювальних середовищах. Складний теплообмін.				
Лекція 25.	Основні визначення теорії масообміну. Молекулярна та конвективна дифузія.	ПЗ 13	Основні визначення теорії масообміну.	Апарати для ректифікації, екстракції, абсорбції, адсорбції, іонообмінні апарати.	
Лекція 26.	Масообмін за турбулентного режиму течії. Масообмін поблизу границі поділу фаз.				
Лекція 27.	Масовіддача, рівняння масовіддачі. Числа подібності і критеріальні рівняння масообміну.	ПЗ 14	Застосування теорії подібності до розрахунку масовіддачі.		
Лекція 28.	Теплообмінні апарати. Моделі рекуперації, регенерації і змішування.				
Лекція 29.	Тепловий і гідродинамічний розрахунок охолоджувачів (нагрівачів).	ПЗ 15	Тепловий та гідравлічний розрахунок теплообмінного апарату. Тепловий розрахунок регенеративних теплообмінників.		Тепломасообмін в процесі сублимаційного сушіння
Лекція 30.	Елементи проектування масообмінних апаратів.				

## ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА ТА МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Література	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): навч. посіб. / А.І. Погорелов. – 2-е вид. випр. – Львів: Новий світ -2000, 2004. – 144 с.</li> <li>2. Лабай В.Й. Тепломасообмін. - Львів: Тріада плюс, 1998.- 260 с.</li> <li>3. Константінов С.М. Теплообмін: Підручник. - К.: ВПІ ВПК "Політехніка": Інрес, 2005. - 304 с.</li> <li>4. Приходько М. А. Термодинаміка та теплопередача : навч. посіб. / М. А. Герасимчук, Г. Г. Герасимов. – Рівне : НУВГП, 2008. – 250 с. [Електронний ресурс]. – Режим</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну: навч. посіб. / С.М. Константінов, Р.В. Луцик. – К.: Освіта України, 2009. – 544 с.</li> <li>2. Константінов, Р.В. Луцик. – К.: Освіта України, 2009. – 544 с.</li> <li>3. Методичні рекомендації, завдання та приклади розрахунку теплообмінних апаратів теплоенергетичних установок для студентів спеціальностей «Нетрадиційні і відновлені джерела енергії», «Електромеханічні системи геотехнічних виробництв»/ О.С. Савенчук, Ю.І. Оксень, О.П. Трофімова. – Д.: Національний гірничий університет,</li> </ol>
------------	---	--



доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1847>

5. Луцик Р. В. Тепломасообмін. - К.: КНУТД, 2004. – 126 с.
6. Погожих М.І. Енергоефективні технології та техніка сушіння харчової сировини: Навчальний посібник. /Потапов В.О, Пак, А. О. Жеребкін М.В. Харків: ХДУХТ, 2016. – 234 с.
7. Потапов В.А. Кинетика явлений переноса в процессе сушки: монография/ LAPLAMBERT Academic Publishing, Deutschland/ Германия. – 2013, 319 с.
8. Potapov V.A. Modern modeling of technological processes of processing industries / Alibekov R.S., Urazbayeva K.A., Bakhtybekova A.R. Textbook. Almaty: CyberSmith, 2021 – 180 с. ISBN 978-601-342-942-7
9. Потапов В.О., Жила В.І. Теоретичні та практичні аспекти застосування мікрохвильового та інфрачервоного випромінювання в харчових технологіях. Монографія. Електронний ресурс: Харків: ДБТУ, 2024, 136 с.

2015. – 93 с.

4. Основні залежності та приклади розрахунків теплообмінних апаратів. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад. Л.Г. Воронін, А.Р. Степанюк, Л.І. Ружинська, - Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. - 68 с
5. Електронна I-d діаграма [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mir-klimata.info/elektronnaya-id-diagramma-i-raschet-parametrov-vlazhnogo-vozduha-onlajn/>
6. Термодинамічні властивості води та водяної пари [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://twf.mpei.ru/MCS/Worksheets/rbtpptab3.xmcd>

## СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ (електронне посилання на положення)

СИСТЕМА		БАЛИ	ДІЯЛЬНІСТЬ, ЩО ОЦІНЮЄТЬСЯ
Підсумкове оцінювання	100 бальна ECTS (стандартна)	до 50	50% від усередненої оцінки за модулі
		до 50	підсумкове тестування
Модульне оцінювання	100 бальна сумарна	до 50	відповіді на тестові питання
		до 20	усні відповіді на лабораторно-практичних заняттях
		до 30	результат засвоєння блоку самостійної роботи

## НОРМИ АКАДЕМІЧНОЇ ЕТИКИ ТА ДОБРОЧЕСНОСТІ

Всі учасники освітнього процесу (в тому числі здобувачі освіти) повинні дотримуватися кодексу академічної доброчесності та вимог, які прописані у

положенні «Про академічну доброчесність учасників освітнього процесу ДБТУ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, поважати гідність один одного, проявляти доброзичливість, чесність, відповідальність.