

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії,
транспорту та архітектури

Олег ПОЛЩУК

10 2024

СИЛАБУС

Навчальна дисципліна Теоретичні основи теплотехніки

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Свідерський Владислав Петрович
Профайл викладача	http://znm.khnu.edu.ua/vykladatsky-sklad/
E-mail викладача(ів)	vpsviderskyi@khmnu.edu.ua
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	https://msn.khnu.edu.ua/course/view.php?id=162
Консультації	Очні: Відповідно до графіка, встановленого кафедрою; он-лайн: за необхідністю та попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

Статус дисципліни	Форма навчання	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин						Форма семестрового контролю				
				Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС	Курсовий проект	Курсова робота	залік	іспит	
						Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття							
О	Д	2	4	5	150	54	18	36				96			+	-
О	З	2	4	5	150	4	2	2				146			+	-

Анотація навчальної дисципліни

Знання та вміння вести розрахунки теплоти, роботи, теплоємності, коефіцієнтів теплопровідності, температуропровідності, теплопередачі, вибирати матеріал для теплової ізоляції, зображати термодинамічні процеси в $p-v$ $T-s$, $h-s$ - діаграмах, вести розрахунки за допомогою $h-s$ - діаграми водяної пари і $h-d$ - вологого повітря, записувати загальні математичні вирази термодинамічних процесів і теплопередачі для конкретних процесів і умов, змінювати геометричні образи циклів і схем теплових машин, визначати фізичну суть і розмірність термодинамічних параметрів і констант в наукових та виробничих дослідженнях відновлення та технічного сервісу автомобілів формує у здобувача базові теоретичні та практичні знання для розв'язання наукових і практичних задач та проведення відповідних експериментів щодо вибору певної методики та виконання теплових розрахунків теплотехнічного обладнання вбудованого в технологічний процес.

Дисципліна викладається для здобувачів спеціальності матеріалознавство. При викладанні дисципліни використовуються активні і творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

Пререквізити – математика, хімія, фізика, технологія конструкційних матеріалів, матеріалознавство.

Кореквізити – експлуатаційні матеріали, напруження та деформації в металах, наплавлення та напилення.

Мета і завдання дисципліни

Мета викладання дисципліни – формування теоретичних та практичних навичок із управління технологічними процесами з використанням теплоенергетичного устаткування, ознайомлення студентів з законами термодинаміки, закономірностями перетворення теплоти у роботу, властивостями водяної пари і вологого повітря, методами дослідження термодинамічних процесів і методами розрахунків теплоти, основами теплопровідності, конвективного теплообміну, випромінювання, методами теплових розрахунків теплопередачі через плоску і циліндричну стінки, ознайомлення з основами термодинамічних розрахунків компресорів, процесами в сушарні, тепло енергопостачанням промислових підприємств, застосування у професійній діяльності експериментальних методів дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.

Завдання дисципліни. Основне завдання вивчення курсу "Теоретичні основи теплотехніки" – дати необхідну теплотехнічну підготовку майбутньому інженеру-механіку.

Очікувані результати навчання

Після вивчення дисципліни студент має досягти таких результатів навчання (сукупність знань, умінь, навичок, компетентностей): здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем, застосовувати сучасні методи фізичного моделювання, дослідження фізичних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем, застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань, виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, формулювати ідеї, концепції з метою використання у професійній діяльності, застосовувати математичні та статистичні методи для побудови і дослідження моделей технічних об'єктів, розрахунку їх характеристик, прогнозування та розв'язання теплотехнічних задач, використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів, знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів, використовувати методи фізичного і математичного моделювання при створенні нових та удосконаленні існуючих матеріалів, технологій їх виготовлення, здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у відновленні автомобілів, обирати і застосовувати потрібне обладнання, інструменти та методи, вибирати оптимальний тип технологічного обладнання галузі та визначати його параметри в залежності від особливостей технологічного процесу, виявляти, узагальнювати та вирішувати проблеми, що виникають у процесі професійної діяльності, та формувати у майбутнього фахівця почуття відповідальності за виконувану роботу, вміння виконувати розрахунки сушарок, двигунів внутрішнього згоряння, теплообмінників, компресорних установок.

Тематичний план дисципліни і календар його виконання.

Таблиця 3 – Тематичний план дисципліни

№ тижня	Тема лекції*	Тема лабораторного заняття*	Самостійна робота студентів		
			Зміст	Год. Д.ф./З.ф.	Література
1	2	3	4	5	6
1	Вступ. Основні поняття і визначення технічної термодинаміки. Основні і калоричні параметри стану.	<i>Лабораторна робота №1</i> Визначення теплофізичних характеристик охолоджуючих, склоомиваючих і електролітичних рідин автомобіля.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №1.	10/16	Літ.: [1] с. 5-18; [2] с. 5-19; [3], с.11-23.
2	Перший закон термодинаміки. Енергія, теплота, робота. Формулювання і аналітичний вираз першого закону	<i>Лабораторна робота №2</i> Визначення об'ємної ізобарної теплоємності повітря методом проточного	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання	11/16	Літ.: [1] с. 34-79; [2] с. 3-21, Літ.: [3] с.

	термодинаміки. Теплоємність.	калориметра.	теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №2		5-26, Літ.: [4] с. 11-28
3	Другий закон термодинаміки. Суть і формулювання другого закону термодинаміки. Прямий, зворотний, еквівалентний цикли Карно. Математичний вираз другого закону термодинаміки.	<i>Лабораторна робота №3</i> Дослідження термодинамічних процесів водяної пари.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №3.	11/16	Літ.: [2] с. 60-67, Літ.: [3] с. 75-106, Літ.: [4] с. 87-110, Літ.: [5] 73 с.
4	Витікання дроселювання та нагнітання газів і парів. Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Витікання газів і парів. Дроселювання газів і парів.. Нагнітання газів і парів. Діаграма P-v робочого процесу в ідеальному компресорі. Індикаторна діаграма поршневого компресора. Основні характеристики роботи компресора. Багатоступеневі компресори.	<i>Лабораторна робота №4</i> Дослідження термодинамічних процесів у вологому повітрі.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №4	11/16	Літ.: [2] с. 127-134, Літ.: [4] с. 209-248, Літ.: [6] 82 с.
5	Теплопередача. Основні поняття. Теплопровідність. Основні поняття і визначення. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності.	<i>Лабораторна робота №5</i> Визначення основних характеристик компресора.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №5. Підготовка та виконання контрольної роботи з розділу «Технічна термодинаміка»	11/16	Літ.: [1] с. 80-115; [2]с. 395-425; Літ.: [3] с. 177-200, Літ.: [7] 110 с.
6	Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Передача теплоти	<i>Лабораторна робота №6</i> Визначення параметрів, що характеризують	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного	11/17	Літ.: [2] с. 337-355; [3] с. 121-150, Літ.: [4] с.

	теплопровідністю через плоску стінку при стаціонарному режимі і граничних умовах першого роду. Передача теплоти теплопровідністю через багат шарову плоску стінку при стаціонарному режимі і граничних умовах першого роду. Теплопередача через плоску стінку при стаціонарному режимі і граничних умовах третього роду.	роботу двигуна внутрішнього згорання і його теплового балансу.	матеріалу: Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №6		353-362
7	Конвективний теплообмін. Основні поняття та визначення. Фізичні властивості рідини. Теорія граничного шару Прандтля. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну.	<i>Лабораторна робота №7</i> Визначення теплопровідності матеріалу експрес методом.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи № 7	11/16	Літ.: [1] с. 154-177; [2] с. 333-340, Літ.: [3] с. 110-129.
8	Теплова і гідромеханічна подібність процесів. Основні поняття теорії теплової подібності. Критерії подібності. Терми теплової подібності. Критеріальна обробка експериментальних спостережень. Теплове випромінювання. Закони теплового випромінювання.	<i>Лабораторна робота №8</i> Визначення коефіцієнта тепловіддачі від нагрітої горизонтальної циліндричної деталі до повітря за вільної конвекції.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №8.	10/17	Літ.: [2] с. 402-413
9	Теплообмінники. Теплові розрахунки рекуперативних теплообмінників. Визначення параметрів системи охолодження двигуна внутрішнього згорання.	Залікове заняття	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту самостійної роботи.	10/16	Літ.: [2] с. 459-487; [3] с. 201-218.

Для студентів заочної форми навчання запланована лекція № 1 і лабораторна робота №5, а також виконання контрольної роботи.

Політика дисципліни

Організація освітнього процесу з дисципліни відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції і лабораторні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, домашні завдання виконувати відповідно до графіка. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний опрацювати самостійно у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До лабораторних занять студент має підготуватися за відповідною темою і проявляти активність. Набутті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ (вебсайт Університету (<https://khmnu.edu.ua/>): розділ «Нормативні документи», рубрика – «Положення», сторінка – «Положення про організацію освітньої діяльності».).

При виконанні завдань з дисципліни студент має дотримуватися політики доброчесності.

Критерії оцінювання результатів навчання

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за **чотирибальною** шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих **позитивно** з урахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих видів її робіт.

Поточний контроль здійснюється під час лекційних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком навчального процесу. Знання теоретичного матеріалу з теми лабораторної роботи перевіряється контрольною роботою: студент отримує карточку, що містить п'ять питань. На підготування відповіді надається 25 хвилин. Критерії оцінювання правильності відповідей: вірна відповідь на п'ять питань – оцінка «відмінно», за правильною відповіді на чотири питання – оцінка «добре» і за вірною відповіді на три питання – оцінка «задовільно», якщо ж одна або дві правильних відповідей – оцінка «незадовільно».

Засвоєння здобувачем теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється під час захисту лабораторних робіт на проміжних тематичних контрольних роботах або тестового контролю і підсумкового контролю.

Оцінювання тестових завдань

Тематичний тест для кожного здобувача складається з двадцяти п'яти тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 25.

Оцінювання здійснюється за **чотирибальною** шкалою.

Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту:

Сума балів за тестові завдання	1–13	14–17	18–22	23–25
Оцінка за 4-бальною шкалою	2	3	4	5

На тестування відводиться 25 хвилин. Правильні відповіді здобувач записує у талоні відповідей. Студент може також пройти тестування і в он-лайн режимі у модульному середовищі для навчання MOODLE. При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну наступного контролю.

Тематична письмова контрольна робота складається з п'яти питань. Оцінювання здійснюється за **чотирибальною** шкалою: повна вичерпна відповідь на п'ять питань – оцінка «відмінно», повна відповідь на чотири питання – оцінка «добре», повна відповідь на три питання – оцінка «задовільно», відповідь на одне або два питання – оцінка «незадовільно».

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу:

Таблиця 4 – Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання здобувачів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота		Самостійна робота	Підсумковий контроль
Захист лабораторних робіт	Тестовий контроль або контрольна робота	Реферат	Залік
0,6	0,3	0,1	–

Таблиця 5 – Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів заочної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота	Самостійна робота	Підсумковий контроль
Лабораторні роботи	Контрольна робота	Залік
0,5	0,5	–

Таблиця 6 – Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЕКТС

Оцінка ЕКТС	Інституційна шкала балів	Інституційна оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75-5,00	5	Зараховано	Відмінно – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків.
B	4,25-4,74	4		Добре – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками.
C	3,75-4,24	4		Добре – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками.
D	3,25-3,74	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією.
E	3,00-3,24	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
FX	2,00-2,99	2	Незараховано	Незадовільно – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
F	0,00-1,99	2		Незадовільно – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни.

Контрольні питання з дисципліни

- Сформулюйте фізичну суть основних параметрів стану: P, v, T
- Сформулюйте фізичну суть калоричних параметрів стану: U, H, S.
- Енергія, теплота, робота. Аналітичне визначення і графічне зображення теплоти і роботи.
- Зміст і формулювання першого закону термодинаміки.
- Математичні вирази першого закону термодинаміки.
- Сформулюйте фізичну суть теплоємності.
- Знаючи середні теплоємності від 0 °C до t °C, як розрахувати середню теплоємність в інтервалі температур t₁-t₂. Яка з теплоємностей від 0 °C до t₁ °C, від 0 °C до t₂ °C буде мати найбільше чисельне значення і чому? Проілюструйте це на графіку.
- Політропний процес і його часткові випадки. Методика дослідження термодинамічних процесів.
- Водяна пара має такі параметри: ступінь сухості 0,95; тиск P = 0,3 МПа знайдіть інші параметри водяної пари (h, s, t, v.)
- Водяна пара на першому ступені ізотермічно (t = 60 °C) стискається від P₁ = 0,1 МПа до P₂ = 0,3 МПа, а на другому ступені - адіабатно стискається до P₃ = 3 МПа. За допомогою h-s діаграми знайдіть параметри h₁, s₁, s₂, s₃ й кількість теплоти, що бере участь у двоступеневому процесі стиснення.
- Вологе повітря з параметрами t = 60 °C; φ = 20% при P = 745 мм. рт. ст. охолодимо до температури 20 °C. За допомогою h-d діаграми вологого повітря, знайдіть кількість конденсату і відведеної теплоти.
- Перший закон термодинаміки для потоку газу.
- Дроселювання пари і газів.
- Зміст другого закону термодинаміки і його формулювання.
- Математичні вирази другого закону термодинаміки.
- Сформулюйте основні випадки теплообміну і їх суть.
- Дайте визначення температурного поля.
- Сформулюйте закон Фур'є.
- Як зміниться хід температурної кривої при передачі теплоти теплопровідністю крізь тришарову плоску стінку, якщо середній шар замінити неметалічним матеріалом.
- Наведіть формулу для визначення температурного напору при теплопередачі від гарячої рідини до холодної крізь тришарову плоску стінку
- Сформулюйте фізичну суть і визначте одиницю коефіцієнта теплопровідності.
- Запишіть рівняння Ньютона - Ріхмана.
- Запишіть рівняння теплопередачі крізь одношарову плоску стінку.
- Які фактори впливають на конвективний теплообмін ?
- Чому для визначення коефіцієнта тепловіддачі застосовують теорію подібності ?
- Дайте визначення критеріального рівняння .
- Як знайти константи критеріального рівняння $Nu = C Re^n Pr^m$?
- Сформулюйте механізм передачі теплоти випромінюванням.
- Сформулюйте основні закони випромінювання: Планка, Стефана-Больцмана, Ламберта.
- Дайте визначення ефективного і результуючого випромінювання.
- З якою метою використовують теплові екрани ?

31. Зобразіть температурну криву при теплопередачі від гарячої рідини до холодної крізь двошарову плоску стінку якщо $\alpha_1 > \alpha_2$. Як зміниться хід цієї кривої, якщо $\alpha_1 < \alpha_2$?
32. Зобразіть графік розподілу температур в тришаровій плоскій стінці для випадку $\lambda_1 > \lambda_2 = \lambda_3$ і поясніть який існує зв'язок між падінням температур в окремих шарах і їх коефіцієнтами теплопровідності.
33. Зобразіть температурну криву теплопередачі від гарячого газу до холодної рідини крізь двошарову плоску стінку.
34. Як зміниться коефіцієнт теплопередачі цієї стінки, якщо товщина другого шару збільшиться в 1,5 рази, а теплопровідність зменшиться в 2 рази.
35. Які основні рівняння закладені в основу теплового розрахунку рекуперативного теплообмінника?
36. Запропонуйте інженерні методи інтенсифікації теплообміну в теплообмінних апаратах.
37. Зобразіть температурну криву теплопередачі від гарячого теплоносія до холодної крізь циліндричну стінку рекуперативного теплообмінника.
38. Зобразіть індикаторну діаграму одноступеневого поршневого компресора і наведіть його основні характеристики.
39. Які основні рівняння закладені в основу теплового розрахунку рекуперативного теплообмінника?
40. Опишіть методику теплового конструктивного розрахунку рекуперативного теплообмінника.

Рекомендована література

Основна література

1. Сіренко Г. О. Фізичні методи дослідження речовин: Ч. II. Теплофізичні методи та властивості полімерних композитів : моногр. підруч. [спец. курс лекцій. –2-ге вид. випр., доп.] / Г. О. Сіренко, В. П. Свідерський, М. Б. Складанюк ; за ред. Г. О. Сіренка. – Івано-Франківськ : Вид. Супрун В.П., 2020. – 292 с. – URI: // <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/9824>
2. Константінов С. М. Теоретичні основи теплотехніки: підручник для студ. нетеплотехн. спец. ВНЗ / С. М. Константінов, Є. М. Панов; Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». – К.: Золоті ворота, 2012. – 591 с.
3. Свідерський В. П. Термодинаміка і теплові процеси зварювання: навчальний посібник / В. П., Свідерський, В. С. Яремчук. – Хмельницький: ХНУ, 2014. - 375 с.
4. Яремчук В. С. Теоретичні основи теплотехніки : навч. посіб. У 2 ч. Ч. 1. Технічна термодинаміка / В. С. Яремчук, В. П. Свідерський. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 511 с.
5. Термодинамічні властивості і процеси водяної пари : методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів інженерно-технічних та технологічних спеціальностей / укл. Г. О. Сіренко, В. С. Яремчук, В. П. Свідерський. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – 73 с.
6. Термодинамічні властивості і процеси вологого повітря : методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів інженерно-технічних та технологічних спеціальностей / укл. Г. О. Сіренко, В. С. Яремчук, В. П. Свідерський. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – 82 с.
7. Термодинамічний аналіз компресорних процесів у прикладах та задачах : методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів спеціальностей : «Автомобільний транспорт», «Матеріалознавство (Відновлення і технічний сервіс автомобілів)» та «Професійна освіта (Транспорт)» / укл. В. П. Свідерський, В. С. Яремчук. – ХНУ, 2019. – 110 с.

Додаткова література

1. Мороз І. О. Основи термодинаміки : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / І. О. Мороз. – Суми : МакДен, 2011. – 351 с.
2. Пеньков В. І. Технічна термодинаміка : навч. посібник / В. І. Пеньков. – Рівне : НУВГП, 2010. – 209 с.

Інформаційні ресурси

Електронний університет:

1. Модульне середовище для навчання (розміщені усі необхідні матеріали з дисципліни, в тому числі тестові завдання і контрольні роботи для поточного та семестрового контролю знань) . Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу <https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=162>

2. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/plage_lib.php

Розробник:

к.т.н., доц. Владислав СВИДЕРСЬКИЙ

Погоджено:

Гарант ОПП «Матеріалознавство»

д.т.н., проф. Павло КАПЛУН

Завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

д.т.н., проф. Олександр ДИХА