

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерної механіки
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерної механіки

В.П. Олександренко

2021р.

СИЛАБУС

Навчальна дисципліна Теплотехніка

Освітньо-наукова програма Агроінженерія

Рівень вищої освіти перший (бакалаврат)

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(и)	Свідерський Владислав Петрович
Профайл викладача	http://znm.khnu.km.ua/vykladatskyj-sklad/
E-mail викладача(ів)	svidersky.vladyslav@gmail.com
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=225
Навчальний рік	2022-2023
Консультації	Очні: вівторок, 3-я пара, 4-226; он-лайн: за необхідністю та попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

Характеристика дисципліни															
Статус дисципліни	Форма навчання	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин						Курсовий проект	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
						Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС			залік	іспит
				Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
О	Д	2	4	4	120	54	18	36			66			-	+
О	З	2	4	4.0	120	12	4	8	-	-	108	-	-	-	+

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 галузі агроінженерії 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 агроінженерія. При викладанні дисципліни використовуються активні і творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

Пререквізити – вища математика, фізика.

Кореквізити – сільськогосподарські машини, трактори і автомобілі.

Мета і завдання дисципліни

Мета викладання дисципліни. ознайомити 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, ознайомити з основами термодинамічних розрахунків компресорів, процесами в сушарні, тепло енергопостачанням промислових підприємств.

Завдання дисципліни. Основне завдання вивчення курсу "Теплотехніка" - дати необхідну теплотехнічну підготовку майбутньому інженеру-механіку.

Очікувані результати навчання

Після вивчення дисципліни студент має досягти таких результатів навчання (сукупність знань, умінь, навичок, компетентностей): вміло *використовувати* понятійний апарат, знання та практичні навички для експлуатації та обслуговування теплотехнічного у виробничих процесах, володіти гуманітарними, природничо-науковими та професійними знаннями; формулювати ідеї, концепції з метою використання у професійній діяльності; розв'язувати складні інженерно-технічні задачі, пов'язані з функціонуванням сільськогосподарської техніки та технологічними процесами виробництва, зберігання, обробки та транспортування сільськогосподарської продукції, виявляти, узагальнювати та вирішувати проблеми, що виникають у процесі професійної діяльності, та формувати у майбутнього фахівця почуття відповідальності за виконувану роботу, виконувати експериментальні дослідження роботи сільськогосподарської техніки в конкретних умовах використання, здійснювати патентний пошук, розуміти принцип дії машин та систем, теплові режими машин та обладнання аграрного виробництва, визначати параметри режимів роботи гідравлічних систем та теплоенергетичних установок сільськогосподарського призначення, відтворювати моральні, культурні, наукові цінності, примножувати досягнення суспільства в соціально-економічній сфері, пропагувати ведення здорового способу життя, 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, вміти виконувати розрахунки сушарок, двигунів внутрішнього згоряння, теплообмінників, компресорних установок агропромислового комплексу.

Тематичний план дисципліни і календар його виконання

№ 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 об'ємної ізобарної теплоємності повітря методом проточного калориметра.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №1.	7/12	Літ.: [1] с. 3-21, Літ.: [2] с. 5-26, Літ.: [3] с. 11-28
2	Перший закон термодинаміки. Енергія, теплота, робота. Формулювання і аналітичний вираз першого закону термодинаміки. Теплоємність.	<i>Лабораторна робота №2</i> Дослідження залежності теплоємності рідин і твердих тіл від температури	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №2	7/12	Літ.: [1] с. 56-60, Літ.: [2] с. 27-72, Літ.: [3] с. 29-66.
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 на прикладі паросилової установки за циклом Ренкіна.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №3.	7/13	Літ.: [1] с. 60-67, Літ.: [2] с. 75-106, Літ.: [3] с. 87-110, Літ.: [4] 73 с.

4	Витікання і дроселювання 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 на прикладі конвективної сушарки.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №4	8/13	Літ.: [1] с.135-155, Літ.: [3] с. 249-319, Літ.: [5] 82 с
5	Теплопередача. Основні поняття. Теплопровідність. Основні поняття і визначення. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності.	<i>Лабораторна робота №5</i> Визначення теплопровідності матеріалу експрес методом.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №5	7/12	Літ.: [1] с. 333-340, Літ.: [2] с. 110-129;
6	Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Передача теплоти 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.	<i>Лабораторна робота №6</i> Визначення параметрів, що характеризують роботу двигуна внутрішнього згорання і його теплового балансу.	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №6	8/11	Літ.: [1] с. 337-355; [2] с. 121-150, Літ.: [3] с. 353-362.
7	Конвективний теплообмін. Основні поняття та визначення. Фізичні властивості рідини. Теорія граничного шару Прандтля. Диференційні рівняння конвективного теплообміну.	<i>Лабораторна робота №7</i>	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №7	7/12	Літ.: [1] с. 395-425; Літ.: [2] с. 177-200, Літ.: [6] 110 с.

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.	Визначення основних характеристик компресора, основи термодинамічних розрахунків компресорів <i>Лабораторна робота №8</i> Вивчення різних способів вимірювання температури. Визначення коефіцієнта тепловіддачі від нагрітої горизонтальної циліндричної деталі до повітря при вільній конвекції	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №8.	8/11	Літ.: [1] с. 402-413,
9	Теплообмінники. Теплові розрахунки рекуперативних теплообмінників. Визначення параметрів системи охолодження двигуна внутрішнього згорання.		Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту самостійної роботи	7/12	Літ.: [1] с. 459-487; [2] с. 201-218, Літ.: [7] 142 с.

Політика дисципліни

Організація освітнього процесу в Університеті відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Здобувач зобов'язаний відвідувати лекції і лабораторна заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, виконувати завдання якісно і відповідно до графіка.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо здобувач захистив її на наступному занятті після виконання роботи. Пропущене лабораторне заняття здобувач зобов'язаний опрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за тиждень до кінця теоретичних занять в університеті.

Лабораторні роботи виконуються індивідуально або групами. Під час робіт над індивідуальним завданням недопустимі порушення правил академічної доброчесності. У разі наявності плагіату (спроба представити до захисту лабораторну роботу іншого варіанту) здобувач отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати лабораторну роботу згідно з його варіантом.

Окремі результати вивчення курсу можуть бути зараховані у випадку отримання здобувачем результатів навчання у неформальній освіті, що підтверджено відповідним документом (сертифікат, свідоцтво, освітня програма тощо). Підставою для виконання є відповідність виконаного завдання відповідної лабораторної роботи, а також можливість демонстрації результатів виконаного завдання відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ.

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. Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування здобувачів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення звіту; вільне володіння здобувачем спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті рішення; своєчасний захист лабораторної роботи. При цьому використовуються методи поточного контролю: усне опитування перед допуском до лабораторного заняття; захист лабораторних робіт; колоквіум (усне опитування по всьому курсу).

Засвоєння здобувачем теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється під час захисту лабораторних робіт, на колоквіумів, проміжних контрольних роботах.

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

Аудиторна робота			Самостійна, індивідуальна робота		Підсумковий контрольний захід
IV семестр					
Лабораторні заняття №:			Аудиторний контроль:	Реферат	Іспит
1	2...	8	Т1-9	Реф.	
ВК: 0,3			0,2	0,1	0,4

Умовні позначення: Т – тема дисципліни; ВК – ваговий коефіцієнт; КР – контрольна робота

Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ECTS	Інституційна шкала балів	Інституційна оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75-5,00	5	За ра хо ва но	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 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $t\text{ }^{\circ}\text{C}$, як розрахувати середню теплоємність в інтервалі температур t_1 - t_2 . Яка з теплоємностей від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $t_1\text{ }^{\circ}\text{C}$, від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $t_2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $P = 0,3\text{ МПа}$ знайдіть інші параметри водяної пари (h, s, t, v .)
- Водяна пара на першому ступені ізотермічно ($t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) стискається від $P_1 = 0,1\text{ МПа}$ до $P_2 = 0,3\text{ МПа}$, а на другому ступені - адіабатно стискається до $P_3 = 3\text{ МПа}$. За допомогою h - s діаграми знайдіть параметри h_1, s_1, s_2, s_3 й кількість теплоти, що бере участь у двоступеневому процесі стиснення.
- Вологе повітря з параметрами $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 20\%$ при $P = 745\text{ мм. рт. ст.}$ охолодимо до температури $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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.

19. Наведіть формулу для визначення температурного напору при теплопередачі від гарячої рідини до холодної крізь тришарову плоску стінку
20. Сформулюйте фізичну суть і визначте одиницю коефіцієнта температуропроводності.
21. Запишіть рівняння Ньютона - Ріхмана.
22. Запишіть рівняння теплопередачі крізь одношарову плоску стінку.
23. Які фактори впливають на конвективний теплообмін ?
24. Чому для визначення коефіцієнта тепловіддачі застосовують теорію подібності ?
25. Дайте визначення критеріального рівняння .
26. Як знайти константи критеріального рівняння $Nu = C Re^n Pr^m$?
27. Сформулюйте механізм передачі теплоти випромінюванням.
28. Сформулюйте основні закони випромінювання: Планка, Стефана-Больцмана, Ламберта.
29. Дайте визначення ефективного і результуючого випромінювання.
30. 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 холодного 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. Константинов С. М. Теоретичні основи теплотехніки: підручник для студ. нетеплотехн. спец. ВНЗ / С. М. Константинов, Є. М. Панов; Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т».- К.: Золоті ворота, 2012. - 591 с.
2. Свідерський В. П. Термодинаміка і теплові процеси зварювання: навчальний посібник / В. П., Свідерський, В. С. Яремчук. – Хмельницький: ХНУ, 2014. - 375 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Теоретичні основи теплотехніки. Тепловий розрахунок рекуперативних теплообмінників: метод. вказівки до розрахункової роботи для студентів інженерно-технічних спеціальностей / укл., В. С. Яремчук, В. П. Свідерський – ХНУ, 2019. – 142 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.