



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Тепломасообмін

Шифр та назва спеціальності

144 – Теплоенергетика

Інститут

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

Освітня програма

Промислова та комунальна теплоенергетика.
Енергетичний менеджмент та енергоефективність

Кафедра

Теплотехніки та енергоефективних технологій (123)

Рівень освіти

Бакалавр

Тип дисципліни

Обов'язкова, спеціальна (фахова),

Семестр

5, 6

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Єгорова Ольга Юріївна

olha.yehorova@khpі.edu.ua

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХПІ».

Автор понад 160 наукових і навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Сонячна теплоенергетика», «Основи математичного та комп'ютерного моделювання теплофізичних процесів», «Теплові і атомні електричні станції» та інші

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)



Пильов Вячеслав Володимирович

Viacheslav.Pylov@khpі.edu.ua

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХПІ».

Автор 47 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисципліни «Теплові двигуни та нагнітачі» та інші

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

В рамках курсу вивчаються основні залежності стаціонарного та нестаціонарного переносу тепла шляхом теплопровідності, вільної та вимушеної конвекції та випромінення, зокрема, в елементах конструкцій простої форми, основні методами розрахунку теплообмінних апаратів, що відповідає стандарту спеціальності 144 Теплоенергетика

Мета та цілі дисципліни

Метою викладання дисципліни є надання студентам базових знань щодо процесів передачі теплоти, без яких є неможливим подальше вивчення принципів дії та конструювання апаратів та установок теплової енергетики..

Формат занять

Лекції, практичні і лабораторні заняття, індивідуальне розрахункове завдання, курсова робота, консультації. Підсумковий контроль - залік та екзамен

Компетентності

ЗК-3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

ЗК-4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК-9. Здатність приймати обґрунтовані рішення

ФК-1. Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

ФК-2. Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем.

ФК-7. Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики.

ФК-8. Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.

Результати навчання

ПРН-1. Знати і розуміти математику, фізику, хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПРН-3 Розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Теплоенергетика»..

ПРН-5. Обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

ПРН-9. Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її.

ПРН-11. Мати лабораторні / технічні навички, планувати і виконувати експериментальні дослідження в теплоенергетиці за допомогою сучасних методик і обладнання, оцінювати точність і надійність результатів, робити обґрунтовані висновки.

ПРН-12. Розуміти ключові аспекти та концепції теплоенергетики, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПРН-14. Мати навички розв'язання складних задач і практичних проблем, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 270 год. (9 кредитів ECTS): лекції – 56 год., лабораторні роботи – 16 год., практичні заняття – 56 год., самостійна робота – 142 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: Вища математика, Гідрогазодинаміка, Технічна термодинаміка.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Переважають застосовуються структурно-логічні технології: поетапна організація навчання, що забезпечує логічну послідовність постановки і вирішення дидактичних завдань на основі поетапного відбору їх змісту, форм, методів і засобів із урахуванням діагностування результатів навчання. Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На

заняттях застосовані комп'ютерні, мультимедійні технології. Під час такого освітнього процесу студент може комунікувати з викладачем он-лайн, вирішувати творчі, проблемні завдання, моделювати ситуації, включаючи аналітичне і критичне мислення, знання, пошукові здібності.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Вступ

Предмет курсу. Загальні механізми переносу тепла. Основні визначення.

Тема 2. Гіпотеза Фур'є.

Теплопровідність. Рівняння теплопровідності. Умови однозначності.

Тема 3. Перенос теплоти теплопровідністю крізь плоску та циліндричну стінку при граничних умовах 1-3-го роду.

Багатошарові стінки. Коефіцієнт теплопередачі.

Тема 4. Теплопередача при температурозалежній теплопровідності, внутрішніх джерелах теплоти.

Тема 5. Методи інтенсифікації тепловіддачі.

Теплопровідність обмеженого та необмеженого стрижнів, прямокутних ребер, змінного профілю, на циліндричній поверхні, ребер довільної форми. Їх оптимальні розміри.

Тема 6. Основи теорії подібності.

Узагальнені змінні. Критерії подібності.

Тема 7. Фактори, що впливають на тепловіддачу.

Рівняння енергії руху та нерозривності. Вимушена та вільна тепловіддача. Ламінарний, турбулентний та перехідний режими течії. Тепловий та гідродинамічний прикордонний шари.

Тема 8. Вимушена тепловіддача від плоскої та циліндричної поверхні

Критеріальні рівняння. Середній та локальний коефіцієнти тепловіддачі.

Тема 9. Тепловіддача при течії рідини в трубах.

В'язкісний та в'язкісно-гравітаційний режими тепловіддачі. Течія в каналах довільного профілю. Вплив шорсткості та гнущості труб на тепловіддачу.

Тема 10. Тепловіддача при поперечному омиванні труби та пучків труб.

Режими течії біля поверхні циліндру. Коридорний та шаховий пучки. Вплив кута атаки.

Тема 11. Вільний конвекційний рух рідини біля горизонтальних, вертикальних та циліндричних поверхонь.

Плівковий теплообмін. Теплообмін в зазорах.

Тема 12. Нагрівання та охолодження.

Процес встановлення та регулярний режим. Термічно тонкі та щільні тіла. Темп нагріву термічно тонких тіл. Нагрів необмеженої плоскої пластини, нескінченного циліндру та сфери. Нагрів тіл складнішої форми утворених перетинанням простих.

Тема 13. Основні поняття теплообміну випроміненням.

Променисті потоки. Інтенсивність випромінення. Баланс енергії падаючого променистого потоку. Абсолютне чорне тіло. Закони Планка, Віна, Релея-Джинса, Стефана-Больцмана. Сірі тіла. Закон Кірхгофа. Ефективний та результуючі потоки. Променистий теплообмін між тілами. Застосування екранів Коефіцієнти опромінення. Зональний метод розрахунку.

Тема 14. Променистий теплообмін у поглинаючому середовищі.

Закон Бугера-Бера. Поглинаюча та випромінююча здатності газів. Ступінь чорноти вуглекислого газу, водяної пари, їх суміші та вплив наявності частинок сажі в газі. Променистий теплообмін в оптично товстому середовищі. Складний променистий теплообмін.

Тема 15. Процес конденсація чистої насиченої пари.

Термічний опір фазового перетворення. Рівняння Нусельта. Конденсація при ламінарній, турбулентній та перехідній течії на вертикальній поверхні. Конденсація на горизонтальних трубах та їх пучках. Краплинна конденсація.

Тема 16. Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідини.

Механізм кипіння. Крива та режими кипіння. Крайовий кут змочування. Критичний радіус бульбашки. Бульбашковий та плівковий режими кипіння. Кипіння в трубах. Методи розрахунку коефіцієнта тепловіддачі.

Тема 17. Процеси концентраційної, термо- та бародифузії.

Закони Фіка. Коефіцієнти масовіддачі. Масообмін в двохкомпонентному середовищі. Потрійна аналогія. Конденсація пари з парогазової суміші. Стефанів потік маси.

Тема 18. Класифікація теплообмінних апаратів.

Рівняння теплового балансу та теплопередачі. Схеми руху носіїв. Середній температурний напор. Типи та порядок розрахунку теплообмінників.

Теми практичних занять

Тема 1. Стаціонарна теплопровідність тіл простих форм

Перенесення теплоти в стрижнях і ребрах.

Тема 2. Конвективний теплообмін в однофазовому середовищі

Теплообмін при зовнішньому обтіканні тіл. Теплообмін при течії в трубах і каналах. Теплообмін при природній конвекції.

Тема 3. Нестационарні процеси теплопровідності

Нагрівання та охолодження. Процес встановлення та регулярний режим. Термічно тонкі та щільні тіла. Темп нагріву термічно тонких тіл.

Нагрів необмеженої плоскої пластини, нескінченного циліндру та сфери. Нагрів тіл складнішої форми утворених перетинанням простих.

Тема 4. Теплообмін випромінюванням

Закони випромінювання чорного тіла. Променистий теплообмін тіл, що довільно розташовані у просторі. Променистий теплообмін між газом і оболонкою.

Тема 5. Теплообмін при фазових перетвореннях

Теплообмін при конденсації чистої пари. Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідини.

Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідини.

Тема 6. Тепло- та масообмін. Розрахунок теплообмінних агрегатів.

Теми лабораторних робіт

ЛБ 1. Визначення теплопровідності теплоізоляції трубопроводу методом теплового поясу.

ЛБ 2. Дослідження тепловіддачі від коридорного пучка труб.

ЛБ 3. Дослідження вільного конвективного теплообміну біля горизонтального циліндру.

ЛБ 4. Дослідження темпу нагрівання термічно-тонкого тіла.

Самостійна робота

Курс передбачає виконання індивідуального розрахункового завдання, що передбачає розв'язання набору задач із кожного розділу і відповідь на контрольні запитання. Для успішного виконання завдання перш за все потрібно вивчити теоретичний матеріал за рекомендованою літературою. Результат розрахунків оформлюється у письмовий звіт.

У шостому семестрі передбачено виконання курсової роботи "Тепловий і гідродинамічний розрахунок економайзера".

Студентам також рекомендуються додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення та аналізу.

Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Акмен Р. Г. Тепло- та масообмін. Текст лекцій і задачі з коментарями до розв'язання / Р. Г. Акмен. - Харків : НТУ "ХПІ", 2009. - 148 с.

2. Лабай В. Й. Приклади і задачі з курсу тепломасообміну: Навчальний посібник / В. Й. Лабай. - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. - 228 с.

3. Лабай В. Й. Тепломасообмінні процеси в системах ТГВ: Навчальний посібник / В. Й. Лабай. - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. - 340 с.

4. Пильов В. В. Методичні вказівки до лабораторної роботи «Дослідження темпу нагрівання термічно тонкого тіла» / В. В. Пильов, О. В. Алтухова ; - Харків: Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т", 2021. - 14 с.

5.Методичні вказівки до виконання розрахункового завдання з курсу «Тепломасообмін» для студентів спеціальностей 144 «Теплоенергетика» / уклад. О. Ю. Єгорова. – Харків : НТУ «ХПІ», 2023.– 20 с.

6. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “Експериментальні визначення теплових втрат через ізоляцію трубопроводу та коефіцієнта теплопровідності ізоляційного матеріалу” за курсами “Тепломасообмін”, “Облік та вимірювання”, “Теоретичні основи теплотехніки” та “Енергетичні установки ТЕС” для студентів енергетичних, машинобудівних та механіко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / уклад.: О. Р. Пересьолков, О. П. Гордієнко. – Харків, 2014. – 16 с.

7. Методичні вказівки до лабораторної роботи “Дослідження складного теплообміну при вільному русі повітря біля горизонтального циліндру” : для студентів спец. 144 “Теплоенергетика”, 131 “Прикладна механіка”, 181 “Харчові технології”, 273 “Залізничний транспорт” усіх форм навчання / уклад.: В. Г. Павлова, О. В. Круглякова, О. В. Кошельник, Т. М. Пугачова ; Нац. техн. ун-т “Харків. політехн. ін-т”. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2023. – 20 с.

6. Акмен Р. Г. Методичні вказівки до курсової роботи "Тепловий та гідродинамічний розрахунок економайзера" / Р.Г. Акмен. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – 30 с.

Додаткова література:

1. Сясев В.О. Збірник задач з теорії теплових процесів: навч. посібн. / В.О. Сясев. – Дн-ск, ДНУ, 1996. – 104 с

2.Погорєлов, А. І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку) : навч. посібник / А. І. Погорєлов. - 4-е вид., випр. - Львів : Новий світ, 2000, 2006. - 144 с.

3. Обов'язкові задачі і домашні завдання з курсу «Тепло- і масообмін» / уклад. Р.Г. Акмен. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 29 с.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену(заліку) (40%) та поточного оцінювання (60%).

Залік: тестове завдання (тестові запитання з теорії + розв'язання задачі).

Поточне оцінювання: 2 онлайн тести та розрахункове завдання (по 20%).

Екзамен: письмове завдання (2 запитання з теорії + розв'язання задачі) та усна доповідь.

Поточне оцінювання: 2 онлайн тести та курсова робота (по 20%).

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

15.06.2023



Завідувач кафедри
Микола КУНДЕНКО

15.06.2023



Гарант ОП
Ольга КРУГЛЯКОВА