

Київський національний університет
будівництва і архітектури
Кафедра теплотехніки

| | |
|------------------------------|--|
| Шифр Спеціальності 144 | Назва спеціальності Теплоенергетика Назва освітньої програми Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні і промислові теплові технології |
|------------------------------|--|

Затверджую

Завідувач кафедри
Михайло КИРИЧЕНКО

Розробник силабусу
Олександр ПРИЙМАК



СИЛАБУС

освітньої компоненти - тепломасообмін

| 1) Шифр за освітньою програмою: ОК 22 | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 2) Навчальний рік: 2023/2024 | | | | |
| 3) Освітній рівень: бакалавр | | | | |
| 4) Форма навчання: денна, заочна. | | | | |
| 5) Галузь знань: 14 Електрична інженерія | | | | |
| 5) Спеціальність, назва освітньої програми: 144 Теплоенергетика. Енергетичний менеджмент, енергоефективні муніципальні і промислові теплові технології. | | | | |
| 8) Статус освітньої компоненти: обов'язкова | | | | |
| 9) Семестр: 4 денна форма/5 заочна форма | | | | |
| 11) Контактні дані викладача: професор кафедри теплотехніки, д.т.н., професор Приймак Олександр Вікторович, pryimak.ov@knuba.edu.ua , +380503398494 | | | | |
| 12) Мова викладання: українська | | | | |
| 13) Пререквізити: вища математика, фізика, хімія, інформатика, технічна термодинаміка | | | | |
| 14) Мета курсу: Формування необхідних компетенцій щодо законів і методів тепломасообміну та вміння їх застосовувати для вирішення конкретних прикладних завдань. | | | | |
| 15) Результати навчання: | | | | |
| № | Програмний результат навчання | Метод перевірки навчального ефекту | Форма проведення занять | Посилання на компетентності |

| | | | | |
|----|---|---|---|--|
| 1. | <p>ПР-1.Знати і розуміти математику, фізику, хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.</p> | <p>Поточний контроль: виступ на практичних заняттях; доповнення, опонування до виступу, рецензія на виступ; участь у дискусіях; аналіз першоджерел; письмові завдання (тестові, індивідуальні роботи у формі рефератів); Оцінюються характеристики відповіді: цілісність, повнота, логічність, обґрунтованість, правильність; -якість знань (ступінь засвоєння фактичного матеріалу): осмисленість, глибина, гнучкість, дієвість, системність, узагальненість, міцність; -ступінь сформованості уміння поєднувати теорію і практику під час практичних завдань; -рівень володіння розумовими операціями: вміння аналізувати, синтезувати, порівнювати, абстрагувати, узагальнювати, робити висновки з проблем, що розглядаються; -досвід творчої діяльності: уміння виявляти проблеми, розв'язувати їх, формувати гіпотези; -самостійна робота: з навчально-методичною, науковою,</p> | <p>Лекції Практичні Лабораторні Самостійна робота</p> | <p>ІК. Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері теплоенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов. ЗК-2. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя. 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.</p> |
| 2. | <p>ПР-2. Знати і розуміти інженерні науки, що лежать в основі спеціальності 144 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.</p> | <p>абстрагувати, узагальнювати, робити висновки з проблем, що розглядаються; -досвід творчої діяльності: уміння виявляти проблеми, розв'язувати їх, формувати гіпотези; -самостійна робота: з навчально-методичною, науковою,</p> | <p>-/-</p> | <p>ІК, ФК-2. Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін для вирішення професійних проблем.</p> |
| 3 | <p>ПР-5. Обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.</p> | <p>формувати гіпотези; -самостійна робота: з навчально-методичною, науковою,</p> | <p>-/-</p> | <p>ІК, ФК-3. Здатність проектувати та експлуатувати теплоенергетичне обладнання.</p> |

| | | | | |
|----|---|---|-----|---|
| 4. | ПР-7. Розробляти і проектувати складні вироби в теплоенергетичній галузі, процеси і системи, що задовольняють встановлені вимоги, які можуть включати обізнаність про технічні й нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти. | допоміжною вітчизняною та зарубіжною літературою, уміння отримувати та аналізувати інформацію з різноманітних джерел (традиційних; спеціальних періодичних видань, ЗМІ, Internet тощо). | -/- | ІК. ФК-4. Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі. |
| 5. | ПР-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. | | -/- | ІК. ЗК-7. Здатність працювати в команді. ФК-7. Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики |
| 7. | ПР-14. Мати навички розв'язання складних задач і практичних проблем, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації. | | -/- | ІК. ФК-8. Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі. |
| 9. | ПР-15. Розуміти основні властивості та обмеження застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів. | | -/- | ІК. ФК-11. Здатність забезпечувати якість в теплоенергетичній галузі. |

16) Розподіл годин між видами занять

| Лекції, год. | Практичні заняття, год. | Лабораторні заняття, год. | Курсова робота | Самостійні робота год. | Форма підсумково-вого контролю |
|--------------|-------------------------|---------------------------|----------------|------------------------|--------------------------------|
| 30 | 24 | 16 | так | 80 | екзамен |

Сума годин: 150

Загальна кількість кредитів ECTS 5,0

Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження: 70 (2,33 кредити ECTS)

17) Зміст дисципліни.

Лекції:

Лекція 1. Вступ. Теплопровідність. Тема 1. Основні поняття і визначення тепломасообміну та положення теплопровідності. Тема 2. Температурне поле. Температурний градієнт. Тепловий потік. Тема 3. Гіпотеза Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Висновки.

Лекція 2. Теплопровідність. *Тема 1.* Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності для процесів теплопровідності. Теплопровідність при стаціонарному режимі. Передача теплоти через плоску стінку. *Тема 2.* Передача теплоти через циліндричну стінку. Критичний діаметр теплової ізоляції циліндричної стінки. *Тема 3.* Передача теплоти через кульову стінку. Теплопровідність в стрижні (ребрі) постійного поперечного перерізу. Висновки

Лекція 3 Теплопередача. *Тема 1.* Основні поняття та визначення. Теплопередача через багатошарову плоску стінку. Теплопередача через ребристу плоску стінку. Шляхи інтенсифікації теплопередачі. *Тема 2.* Теплопровідність при нестационарному режимі. Основні поняття та визначення. Необмежена пластина. *Тема 3.* Циліндр нескінченної довжини. Куля. Регулярний режим теплопровідності. Теплопровідність в тілах складної форми. Висновки.

Лекція 4 Теплообмін конвекцією. *Тема 1.* Основні поняття та визначення. Фізичні властивості рідини. *Тема 2.* Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Гідродинамічний і тепловий приграничний шари. *Тема 3.* Основи теорії подібності і моделювання. Подібність процесів конвективного теплообміну. Висновки

Лекція 5. Теплообмін конвекцією. *Тема 1.* Приведення математичного формулювання крайової задачі до запису в безрозмірних змінних. *Тема 2.* Критерії подібності і рівняння подібності. *Тема 3.* Умови подібності фізичних процесів. Наслідки з умов подібності. Висновки

Лекція 6. Теплообмін конвекцією. *Тема 1.* Конвективний теплообмін в потоці рідини. Середня температура. Визначальна температура і характерний лінійний розмір. *Тема 2.* Теплообмін при ламінарному плинні рідини в трубах. Теплообмін при турбулентному плинні рідини в трубах. *Тема 3.* Теплообмін при перехідному режимі. Теплообмін при вимушеному русі рідини уздовж пластини. Висновки.

Лекція 7 Теплообмін конвекцією. *Тема 1.* Теплообмін при поперечному омивання одиночної труби. Теплообмін при поперечному омивання пучків труб. *Тема 2.* Теплообмін при вільному русі рідини. Теплообмін при зміні агрегатного стану речовини. *Тема 3.* Теплообмін при кипінні. Теплообмін при конденсації. Висновки.

Лекція 8 Теплообмін випромінюванням. *Тема 1.* Основні поняття та визначення. Положення теплообміну випромінюванням. *Тема 2.* Загальні відомості про теплове випромінювання. Основний закон поглинання. *Тема 3.* Основні закони теплового випромінювання. Висновки.

Лекція 9 Теплообмін випромінюванням. *Тема 1.* Теплообмін випромінюванням між твердими тілами. Екрани. *Тема 2.* Випромінювання газів. Складний променисто-конвективний теплообмін. *Тема 3.* Прикладні задачі теплообміну випромінюванням. Висновки.

Лекція 10. Масообмін. *Тема 1.* Основні поняття та визначення. Аналогія між тепло- і масо- обмінними процесами. *Тема 2.* Спільні процеси тепло- і масообміну. Характеристики перенесення маси і енергії в бінарній системі. *Тема 3.* Дифузія, закон Фіка. Висновки.

Лекція 11. Масообмін. *Тема 1.* Система диференціальних рівнянь для тепло- і масообміну. *Тема 2.* Аналогія процесів тепло- і масообміну при низької інтенсивності масообміну. Потрійна аналогія. *Тема 3.* Особливості тепло- і масообміну при значному поперечному потоці маси. Висновки.

Лекція 12 Теплообмінні апарати. *Тема 1.* Основні поняття та визначення. Класифікація. Принципи роботи та конструктивні особливості. *Тема 2.* Принципи і різновиди розрахунків. Проектний конструкторський та перевірочний. *Тема 3.* Тепловий розрахунок теплообмінних апаратів. Загальні положення. Середня різниця температур і методи її розрахунку. Висновки.

Лекція 13 Теплообмінні апарати. *Тема 1.* Теплова ефективність. *Тема 2.* Тепловий розрахунок рекуперативних теплообмінних апаратів. *Тема 3.* Методика інженерного розрахунку. Висновки.

Лекція 14 Теплообмінні апарати. *Тема 1.* Тепловий розрахунок регенеративних, емкісних та змішувальних теплообмінників. *Тема 2.* Методика інженерного розрахунку. Висновки.

Лекція 15 Теплообмінні апарати. *Тема 1.* Гідромеханічний розрахунок теплообмінних апаратів. *Тема 2.* Методика інженерного розрахунку. *Тема 3.* Методи підвищення ефективності. Висновки.

Практичні заняття:

Заняття 1. Основні теплотехнічні вимірювальні величини. Основні поняття і визначення. Стаціонарні задачі теплопровідності.

Заняття 2. Нестационарне перенесення теплоти теплопровідністю. Багатовимірні задачі теплопровідності.

Заняття 3. Фізико-математичне моделювання задач теплопередачі.

Заняття 4. Тепловіддача конвекцією під час вільного руху середовищ у великому об'ємі. Тепловіддача під час вимушеного руху середовищ.

Заняття 5. Тепловіддача конвекцією під час зміни агрегатного стану рухомих середовищ.

Заняття 6. Основні поняття та визначення. Основні закони теплового випромінювання. Складний (променисто-конвективний) теплообмін.

Заняття 7. Основні поняття та визначення. Тепловий розрахунок теплообмінних апаратів. Перевірочний розрахунок теплотехнічних характеристик теплообмінного апарата. Висновки.

Заняття 8. Фізико-хімічні властивості середовищ у тепломасообміні. Механічний, аеродинамічний та гідравлічний розрахунки теплообмінників.

Лабораторні заняття;

Заняття 1. Вимірювання основних теплотехнічних величини.

Заняття 2. Визначення коефіцієнта теплопровідності сипучих матеріалів методом кулі.

Заняття 3. Визначення коефіцієнта теплопровідності матеріалів методом пластини.

Заняття 4. Визначення коефіцієнти тепловіддачі конвекцією від горизонтальної сталеві труби до вільно омиваючого повітря.

Заняття 5. Визначення коефіцієнти тепловіддачі конвекцією від вертикальної сталеві труби до вільно омиваючого повітря.

Заняття 6. Визначення коефіцієнти тепловіддачі конвекцією від рухомого повітря всередині горизонтальної труби до внутрішньої її поверхні.

Заняття 7. Дослідження теплообміну випромінюванням між двома паралельними дисками.

Заняття 8. Дослідження енергетичної ефективності рекуперативного кожухотрубного теплообмінника водяна пара-вода.

Курсова робота (тематика, зміст): Тема курсової роботи – конструювання теплообмінного апарата.

Мета роботи – формування в студентів творчих якостей інженерів на основі залучення їх до самостійного вирішення конкретних, близьких до виробничих завдань. Виховання в душі відповідальності за кінцеві результати виконуваної інженерно-технічної роботи, привити інтерес і навички технічної творчості.

Тематика роботи формується з врахуванням сучасного стану технологій та їх розвитку.

Типовий зміст пояснювальної записки.

1. Теоретичні основи теплового розрахунку теплообмінника.
2. Розрахунок середнього температурного напору.
3. Тепловий конструкторський розрахунок теплообмінника з різними принципами дій і конструктивними особливостями.
4. Гідроаеродинамічний розрахунок.
5. Механічний розрахунок.
6. Висновки. Аналіз підвищення теплової, економічної та енергетичної ефективності.

Типовий зміст графічної частини.

1. Ескізне креслення теплообмінника у двох проєкціях з необхідними виривами і розрізами (ф. А3).

18) Основна література:

1. Константінов С.М. Теплообмін: Підручник.- К.: ВПІ ВПК “Політехніка”: Інрес, 2005.- 304 с.:іл.
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. Малкін Е.С. Спеціальні питання тепломасообміну /Е.С. Малкін, І.Е. Фуртат, Н.Є. Журавська// Підручник.- Київ: КНУБА, 2017-288 с.
4. Holman, J.P., "Heat transfer", McGraw-Hill, 2010.
5. Çengel, Y.A., "Heat and mass transfer. A practical approach", McGraw-Hill, 2007.

19) Додаткові джерела:

1. Приймак О.В. Тепломасообмін. Конспект лекцій для студентів спеціальностей 192 будівництво та цивільна інженерія, 144 теплоенергетика. Усіх форм навчання.: К. 2020 р. –75 с., /О. Приймак/ Методичні роботи:
2. Приймак О.В. Методичні вказівки до виконання практичних занять для студентів спеціальностей 192 будівництво та цивільна інженерія, 144 теплоенергетика. Усіх форм навчання.: К. 2018 р. –45С., /О. Приймак/
3. Приймак О.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних занять для студентів спеціальностей 192 будівництво та цивільна інженерія, 144 теплоенергетика. Усіх форм навчання.: К. 2017 р. –120С., /О. Приймак/
4. Приймак О.В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи для студентів спеціальностей 192 будівництво та цивільна інженерія, 144 теплоенергетика. Усіх форм навчання.: К. 2016 р. –45С., /О. Приймак, К. Габа/

Інформаційні ресурси:

1. <https://www.youtube.com/watch?v=GDyQXSEAJNA>
2. <https://www.google.com/search?q=heat+exchanger&sxsrf=AJOqlzX5ON->
3. [http://www.thermex.co.uk/news/blog/160-what-is-a-heat-exchanger.](http://www.thermex.co.uk/news/blog/160-what-is-a-heat-exchanger)

20) Система оцінювання навчальних досягнень (розподіл балів):

| Поточне оцінювання | | | Підсумковий контроль | Сума |
|--------------------|--------|--------|----------------------|------|
| ПРН.01 | ПРН.02 | ПРН.03 | | |
| 20 | 20 | 20 | 40 | 100 |

21) Умови допуску до підсумкового контролю: з урахуванням підсумків поточного та модульного контролю. Під час семестрового контролю враховуються результати здачі усіх видів навчальної роботи згідно зі її структурою кредитів. Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.

22) Політика щодо академічної доброчесності: Тексти індивідуальних завдань (в т.ч. у разі, коли вони виконуються у формі презентацій або в інших формах) можуть перевірятись на плагіат. Для цілей захисту індивідуального завдання оригінальність тексту має складати не менше 70%. Виключення становлять випадки зарахування публікацій Здобувачів у матеріалах наукових конференціях та інших наукових збірниках, які вже пройшли перевірку на плагіат. Списування під час тестування та інших опитувань, які проводяться у письмовій формі, заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). У разі виявлення фактів списування з боку здобувача він отримує інше завдання. У разі повторного виявлення призначається додаткове заняття для проходження тестування.

23) Посилання на сторінку електронного навчально-методичного комплексу дисципліни:
<https://org2.knuba.edu.ua/course/view.php?id=4669>