

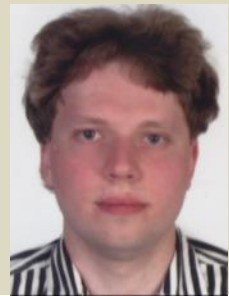
ТЕПЛО- І МАСООБМІН

СИЛАБУС

| | | | |
|----------------------------|---|----------------------|--|
| Шифр і назва спеціальності | 144 Теплоенергетика | Інститут / факультет | ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки |
| Назва програми | Промислова та комунальна теплоенергетика. Енергетичний менеджмент та енергоефективність | Кафедра | Теплотехніки та енергоефективних технологій |
| Тип програми | Освітньо-професійна | Мова навчання | Українська |

Викладач

Пильов Вячеслав Володимирович, Viacheslav.Pylov@khpі.edu.ua



Кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХПІ». Досвід роботи – 5 років. Автор 47 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисципліни «Теплові двигуни та нагнітачі».

Загальна інформація про курс

| | |
|------------|---|
| 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 |
| Цілі курсу | 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 | Лекції, практичні і лабораторні заняття, індивідуальне розрахункове завдання, курсова робота, консультації. Підсумковий контроль - екзамен |
| Семестр | 5, 6 |

Результати навчання

ПРН-2 Знання і розуміння інженерних дисциплін, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки.

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

ПРН-4 Здатність розуміти складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

ПРН-5 Здатність виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

ПРН-6 Здатність розробляти і проектувати складні вироби в теплоенергетичній галузі, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.

ПРН-7 Здатність використовувати певне розуміння передових досягнень при проектуванні об'єктів в теплоенергетичній галузі.

ПРН-8 Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в технічній літературі, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації.

ПРН-9 Здатність застосовувати кодекси практики і правила техніки безпеки для спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації.

ПРН-10 Лабораторні / технічні навички та вміння планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

ПРН-11 Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепцій в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПРН-12 Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно до спеціалізацій спеціальності «Теплоенергетика».

ПРН-13 Практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації.

ПРН-14 Розуміння застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізацій спеціальності «Теплоенергетика».

ПРН-15 Здатність застосовувати норми інженерної практики відповідно до спеціалізацій спеціальності «Теплоенергетика».

ПРН-17 Здатність збирати й інтерпретувати відповідні дані і аналізувати складності в межах відповідної спеціалізації спеціальності «Теплоенергетика» для донесення суджень, які відбивають відповідні соціальні та етичні проблеми.

ПРН-18 Здатність керувати професійною діяльністю, приймати участь у роботі над проектами відповідно до спеціалізацій спеціальності «Теплоенергетика», беручи на себе відповідальність за прийняття рішень.

Теми що розглядаються

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 стрижней, 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 гнуття 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.

Форма та методи навчання

Використовуються словесні методи навчання (лекції, пояснення, інструктажі), наочні методи (ілюстрації, демонстрації), практичні та проблемні методи (практичні роботи), робота в команді (лабораторні роботи).

Методи контролю

Поточний контроль реалізується у формі опитування, виконання індивідуальних завдань, проведення контрольних робіт. Контроль складової робочої програми, яка освоюється під час самостійної роботи студента, проводиться:

- з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів;
- з практичних занять, індивідуальних завдань – за допомогою перевірки виконаних завдань.

Контроль виконання розрахункової та курсової робіт включає поточний контроль за виконанням етапів роботи та її захист.

Семестровий контроль проводиться у формі екзамену.

Студент вважається допущеним до семестрового контролю з навчальної дисципліни за умови написання контрольних та виконання і захисту звітів з лабораторних, розрахункової та курсової робіт, передбачених навчальною програмою з дисципліни.

Розподіл балів, які отримують студенти

Таблиця 1 – Розподіл балів для оцінювання успішності студента для іспиту

5 семестр

| Контрольні роботи | Лабораторні роботи | КР (КП) | РГЗ | Індивідуальні завдання | Іспит | Сума |
|-------------------|--------------------|---------|-----|------------------------|-------|------|
| 20 | 20 | | 25 | 5 | 30 | 100 |

6 семестр

| Контрольні роботи | Лабораторні роботи | КР (КП) | РГЗ | Індивідуальні завдання | Іспит | Сума |
|-------------------|--------------------|---------|-----|------------------------|-------|------|
| 20 | | 45 | | 5 | 30 | 100 |

Критерії та система оцінювання знань та вмінь студентів.

Згідно основних положень ЄКТС, під **системою оцінювання** слід розуміти сукупність методів (письмові, усні і практичні тести, екзамени, проекти, тощо), що використовуються при оцінюванні досягнень особами, що навчаються, очікуваних результатів навчання.

Успішне оцінювання результатів навчання є передумовою присвоєння кредитів особі, що навчається. Тому твердження про результати вивчення компонентів програм завжди повинні супроводжуватися зрозумілими та відповідними **критеріями оцінювання** для присвоєння кредитів. Це дає можливість стверджувати, чи отримала особа, що навчається, необхідні знання, розуміння, компетенції.

Критерії оцінювання – це описи того, що як очікується, має зробити особа, яка навчається, щоб продемонструвати досягнення результату навчання.

Основними концептуальними положеннями системи оцінювання знань та вмінь студентів є:

1. Підвищення якості підготовки і конкурентоспроможності фахівців за рахунок стимулювання самостійної та систематичної роботи студентів протягом навчального семестру, встановлення постійного зворотного зв'язку викладачів з кожним студентом та своєчасного коригування його навчальної діяльності.

2. Підвищення об'єктивності оцінювання знань студентів відбувається за рахунок контролю протягом семестру із використанням 100 бальної шкали (табл. 2). Оцінки обов'язково переводять у національну шкалу (з виставленням державної семестрової оцінки „відмінно”, „добре”, „задовільно” чи „незадовільно”) та у шкалу ECTS (A, B, C, D, E, FX, F).

Таблиця 2 – Шкала оцінювання знань та вмінь: національна та ECTS

| Рейтингова Оцінка, бали | Оцінка ECTS та її визначення | Національна оцінка | Критерії оцінювання | |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---|--|
| | | | позитивні | негативні |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 90-100 | A | Відмінно | <ul style="list-style-type: none"> - Глибоке знання навчального матеріалу модуля, що містяться в основних і додаткових літературних джерелах; - вміння аналізувати явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; - вміння проводити теоретичні розрахунки; - відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічно послідовні; - вміння вирішувати складні практичні задачі. | Відповіді на запитання можуть містити незначні неточності |

Продовження таблиці 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|---|------------|--|---|
| 82-89 | В | Добре | <p>- Глибокий рівень знань в обсязі обов'язкового матеріалу, що передбачений модулем;</p> <p>- вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки;</p> <p>- вміння вирішувати складні практичні задачі.</p> | Відповіді на запитання містять певні неточності ; |
| 75-81 | С | Добре | <p>- Міцні знання матеріалу, що вивчається, та його практичного застосування;</p> <p>- вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки;</p> <p>- вміння вирішувати практичні задачі.</p> | - невміння використовувати теоретичні знання для вирішення складних практичних задач . |
| 64-74 | Д | Задовільно | <p>- Знання основних фундаментальних положень матеріалу, що вивчається, та їх практичного застосування;</p> <p>- вміння вирішувати прості практичні задачі.</p> | Невміння давати аргументовані відповіді на запитання; <p>- невміння аналізувати викладений матеріал і виконувати розрахунки;</p> <p>- невміння вирішувати складні практичні задачі.</p> |

Закінчення таблиці 2

| | | | | |
|-------|-------------------------------------|--------------|---|--|
| 60-63 | Е | Задовільно | - Знання основних фундаментальних положень матеріалу модуля, - вміння вирішувати найпростіші практичні задачі. | Незнання окремих (непринципових) питань з матеріалу модуля; - невміння послідовно і аргументовано висловлювати думку; - невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач |
| 35-59 | FX (потрібне додаткове вивчення) | Незадовільно | Додаткове вивчення матеріалу модуля може бути виконане в терміни, що передбачені навчальним планом. | Незнання основних фундаментальних положень навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - невміння розв'язувати прості практичні задачі. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1-34 | Ф (потрібне повторне вивчення) | Незадовільно | - | - Повна відсутність знань значної частини навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - незнання основних фундаментальних положень; - невміння орієнтуватися під час розв'язання простих практичних задач |

Рекомендована література

Базова література

| 1 | 2 |
|---|--|
| 1 | Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М. ; Л. : Энергия, 1965. – 424 с. |
| 2 | Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, Михеева И.М. – М. : Энергия, 1977. – 344 с. |
| 3 | Акмен Р. Г. Тепло- та масообмін. Текст лекцій і задачі з коментарями до розв'язання / Р. Г. Акмен ; Харків : НТУ "ХПИ", 2009. – 148 с. |
| 4 | Акмен Р. Г. Методические указания к лабораторной работе «Определение тепловых потерь изолированного трубопровода и коэффициента теплопроводности изоляции» / Р. Г. Акмен Харьков: НТУ «ХПИ», 1991. – 12 с. |
| 5 | Акмен Р. Г. Методические указания к лабораторной работе «Исследование теплообмена при поперечном обтекании пучка труб» / Р. Г. Акмен Харьков: НТУ «ХПИ», 1992. – 16 с. |
| 6 | Акмен Р. Г. Методические указания к лабораторной работе «Исследование теплообмена при свободном движении воздуха около горизонтального цилиндра» по курсу «Тепломассообмен» / Р. Г. Акмен Харьков: НТУ «ХПИ», 1993. – 16 с. |
| 7 | Пильов В. В. Методичні вказівки до лабораторної роботи «Дослідження темпу нагрівання термічно тонкого тіла» / В. В. Пильов, О. В. Алтухова ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків, 2021. – 14 с. |
| 8 | Акмен Р. Г. Методические указания к курсовой работе “Тепловой и гидродинамический расчет экономайзера” по курсу “Тепло- и массообмен” для специальностей 7.095010 “Теплоэнергетика”, 7.000008 “Энергетический менеджмент” / Р.Г. Акмен. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 30с. |
| 9 | Акмен Р. Г. Методичні вказівки до лабораторної роботи «Розрахунок і оптимізація ребреної поверхні» по курсу “Тепло- і массообмін” для спеціальностей 7.095010 “Теплоенергетика”, 7.000008 “Енергетичний менеджмент” / Р. Г. Акмен, Т.Б. Подвальна – Х.: НТУ«ХПИ», 2009. – 9 с. |

Допоміжна література

| 1 | 2 |
|----|---|
| 10 | Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М. : Наука, 1974. – 712 с. |
| 11 | Кутателадзе С. С. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое / С. С. Кутателадзе, А. И. Леонтьев. - 2-е изд., перераб. - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 320 с. |

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Таблиця 4. – Перелік дисциплін

| Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на: | На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються: |
|--|--|
| Вища математика, | Дипломний проект бакалавра |
| Фізика, | Теплотехнічні процеси та установки пром підприємств |
| Гідрогазодинаміка, | Холодильні установки |
| | Високотемпературні теплотехнологічні установки |
| | Системи теплопостачання і опалення |
| | Теорія сушки та сушильні установки |

Провідний лектор: доц. Пильов В.В.

(посада, звання, ПІБ)

(підпис)