



МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОБМІНУ В ОДНО- І БАГАТОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | <i>Перший (бакалаврський)</i> |
| Галузь знань | 14 Електрична інженерія |
| Спеціальність | 144 Теплоенергетика |
| Освітня програма | Моделювання і комп'ютерні технології в теплофізиці |
| Статус дисципліни | Вибіркова |
| Форма навчання | очна(денна) |
| Рік підготовки, семестр | 3 курс, осінній семестр |
| Обсяг дисципліни | 4 кредити ЄКТС/120 год: лекційні заняття – 45 год, практичні заняття – 27 год, самостійна робота – 48 год |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | Залік / МКР |
| Розклад занять | 2,5 год лекційних занять та 1,5 години практичних занять на тиждень |
| Мова викладання | Українська |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: д.т.н., ст.н.с., Сорокова Н.М., n.sorokova@ukr.net Практичні: к.т.н. Алексеїк Є.С. |
| Розміщення курсу | Посилання на дистанційний ресурс (Сікорський) |

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна «Методи дослідження процесів теплообміну в одно- і багатофазних середовищах» спрямована на вивчення сутності проходження процесів переносу теплоти в однофазних і багатофазних середовищах, в тому числі при наявності твердої фази, та існуючих методів їх дослідження.

Предметом навчальної дисципліни є існуючі аналітичні, чисельні та експериментальні методи дослідження процесів теплообміну в гомогенних і гетерогенних системах, їх переваги при вирішенні конкретних задач оптимізації режимів роботи промислового і енергетичного обладнання.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей (компетентностей):

- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 3).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК 4).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 6).
- Здатність працювати в команді (ЗК 7).
- Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі (ФК 1).
- Здатність виявляти, класифікувати і оцінювати ефективність систем і компонентів на основі використання аналітичних методів і методів моделювання в теплоенергетичній галузі (ФК 4)
- Здатність визначати, досліджувати та розв'язувати проблеми що пов'язані з інженерними аспектами і проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі. (ФК 5)

- Здатність враховувати ширший міждисциплінарний інженерний контекст у професійній діяльності в сфері теплоенергетики (ФК 7).
- Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі (ФК 8).
- Здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів високого рівня у діяльності в теплоенергетичній галузі (ФК 10).
- Здатність забезпечувати якість в теплоенергетичній галузі (ФК 11).
- Здатність при проектуванні та виконанні фізичного, математичного і комп'ютерного моделювання теплофізичних процесів в енергетичному обладнанні на основі фізичної суті процесів та з урахуванням очікуваного результату: вибирати метод рішення поставлених задач та проводити аналіз отриманих результатів з метою забезпечення заданих параметрів роботи енергетичного обладнання; застосовувати сучасні електронні пристрої, технічні засоби, прилади та вимірювальну техніку для отримання і обробки інформації; застосовувати знання характеристик і властивостей матеріалів та теплоносіїв, процесів та обладнання в теплоенергетичній галузі; застосовувати методи оцінки теплогідравлічної надійності і ефективності теплоенергетичного устаткування (ФК 13)

*Після вивчення дисципліни здобувачі мають продемонструвати такі **результати навчання**:*

- Знати і розуміти інженерні науки, 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 у сфері теплоенергетики (ПРН 2).
- Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики (ПРН 4).
- Обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень (ПРН 5).
Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання у теплоенергетиці; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень (ПРН 6).
- Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її (ПРН 9).
- 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 11).
- Мати навички розв'язання складних задач і практичних проблем, що передбачають реалізацію інженерних проєктів і проведення досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН 14).
- Розуміти основні властивості та обмеження застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів (ПРН 15).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізитами навчальна дисципліна є вибіркової для підготовки бакалаврів і передбачає наявність знань з таких предметів як вища математика, технології комп'ютерного моделювання, тепломасообмін, теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні.

Постреквізитами є дисципліна методи дослідження теплофізичних властивостей речовин.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Аналітичні методи розв'язки задач температурного поля.

Тема 1.1. Математична постановка задач температурного поля та методи їх розв'язки.

Тема 1.2. Аналітичні методи рішення задач температурного поля.

РОЗДІЛ 2. Чисельні методи рішення задач температурного поля.

Тема 2.1. Чисельні методи рішення одновимірних задач температурного поля.

Тема 2.2. Чисельні методи рішення багатовимірних задач температурного поля.

РОЗДІЛ 3. Чисельні методи розв'язання нелінійних задач температурного поля в багатокомпонентних середовищах

Тема 3.1. Чисельні методи розв'язання задач теплопровідності в багатокомпонентних середовищах.

Тема 3.2. Чисельні методи розв'язання задач молекулярно-конвективного теплопереносу в багатокомпонентних середовищах.

РОЗДІЛ 4. Експериментальні методи дослідження теплообміну.

Тема 4.1. Експериментальні методи дослідження конвективного теплообміну.

Тема 4.2. Експериментальні методи досліджень теплообміну при кипінні і конденсації.

Тема 4.3. Експериментальні методи дослідження променевого теплообміну.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література, використовується для більш глибокого опанування дисципліни та при виконанні самої роботи. Для отримання інформації про більш широке коло можливостей алгоритмічної мови ФОРТРАН пропонується використовувати також додаткову літературу та інтернет-ресурси.

Базова література

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков - М.: Высшая школа, 1976.- 512с.
2. Дульнев Г.Н. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена / Г.Н. Дульнев, В.Г.Парфенов, А.В. Сигалов - М.: Высшая школа, 1990.- 207 с.
3. Адрианов В.Н. Основы радиационного и сложного теплообмена / В.Н. Адрианов - М.: Энергия, 1972.- 463 с.
4. Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел - М.: Энергоиздат, 1981.- 417 с.
5. Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н., Кольчик Ю.Н. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена. Киев: Наукова думка, 2014. 744 с.
6. Теория и техника теплофизического эксперимента / Под ред. В.К. Щукина. М.: Энергоатомиздат, 1985 . 360 с.
7. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. М.: Энергия, 1979. 320 с.
8. Стырикович М.А., Резников М.И. Методы экспериментального изучения процессов генерации пара. М.: Энергия, 1977. 278 с.

Додаткова література

9. Теория тепломассопереноса /Под ред. проф.А.И.Леонтьева.- М.: Высшая школа, 1979.- 420 с.
10. Беляев Н.М. Методы теории теплопроводности (в 2-х частях) / Н.М. Беляев, А.А.Рядно - М.: Высшая школа, 1982.- 1 ч., 326 с., 2 ч., 303 с.
11. Пасконов В.М. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена / В.М.Пасконов, В.И. Полежаев, Л.А.Чудов - М.: Высшая школа, - 1984. - 270 с.
12. Мучник Г.Ф. Методы теории теплообмена, ч.1 / Г.Ф.Мучник, А.А Рубашев - М.: Высшая школа, 1970.- 284 с.
13. Хауф В. Оптические методы в теплопередаче / В. Хауф, У. Григуль – М.: Мир, 1973. -240 с.

Інформаційні ресурси

1. Кампус КПІ ім.Ігоря Сікорського <http://login.kpi.ua/>
2. Науково-технічна бібліотека КПІ ім.Ігоря Сікорського <http://library.kpi.ua/>

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекція 1. Предмет і задачі курсу «Методи дослідження процесів теплообміну». Математичний опис температурного поля.

Рішення задачі температурного поля - дослідницький процес, що забезпечує працездатність і надійність об'єктів нової техніки. Аналітичні, чисельні, аналогові й експериментальні методи дослідження процесів теплообміну. Математичний опис температурного поля. Диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є в різних системах координат.

СРС: Фізичний зміст диференціального рівняння теплопровідності Фур'є

Література: 4 с. 5-11.

Лекція 2. Крайові умови задач теплопровідності і їхня характеристика.

Кусочно-задані граничні умови і їхнє узагальнення. Математична постановка задачі. Коректність постановки. Вірогідність математичної постановки задачі. Узагальнений закон теплопровідності.

СРС: Початкові умови. Граничні умови.

Література: 1 с. 16-22, 24-30.

Лекція 3. Метод поділу перемінних.

Коротка характеристика застосовуваних аналітичних методів. Значимість і їх місце у дослідницькій і обчислювальній практиці. Умови застосування аналітичних методів. Сутність методу поділу перемінних. Застосування методу для двохвимірної стаціонарної задачі теплопровідності та одновимірної нестаціонарної задачі теплопровідності. Аналітичне рішення задачі теплопровідності у нескінченній пластині при граничних умовах першого роду.

СРС: Аналіз отриманого рішення. Переваги і недоліки методу поділу перемінних.

Література: 1 с. 45-51.

Лекція 4. Аналітичне рішення задачі теплопровідності у нескінченній пластині.

Отримання рішення задачі температурного поля у нескінченній пластині методом поділу перемінних при граничних умовах третього роду. Власні функції рішення задач теплопровідності для тіл найпростішої форми. Структура загального аналітичного рішення задачі теплопровідності для тіл найпростішої конфігурації.

СРС: Умови спрощення рішення задачі теплопровідності для нескінченної пластини.

Література: 1 с. 89-93.

Лекція 5. Види інтегральних перетворень. Метод інтегральних перетворень по Лапласу.

Сутність методу інтегральних перетворень. ІП застосовувані для рішення задач температурного поля. Структурна схема рішення задач температурного поля методом інтегральних перетворень. Рішення задач температурного поля методом інтегральних перетворень за часом (по Лапласові). Математична постановка задачі температурного поля у ІП по Лапласу. Рішення задачі в зображеннях по Лапласу.

СРС: Переваги і недоліки методу ІП. Табличні зображення.

Література: 1 с. 51-59, 474-481, 484-490.

Лекція 6. Способи обернення зображень. Обернення нетабличних зображень.

Теореми розкладання. Теорема розкладання для випадку простих дійсних коренів інтерполяційного полінома. Формула розкладання для випадку простих і кратних дійсних коренів.

СРС: Табличні обернення функцій.

Література: 1 с.51-59, 490-496.

Лекція 7. Безрозмірний вид рішення задач температурного поля.

Застосування рішення задач на нагрівання до рішення задач на охолодження. Безрозмірна температура при рішенні задач із граничними умовами другого роду. Два випадки нестационарного процесу нагрівання чи охолодження тіл. Визначення теплоти нестационарного процесу в задачах температурного поля.

СРС: Застосування рішення задач на нагрівання до рішення задач на охолодження при граничних умовах II і III роду.

Література: 1 с.51-59, 145-148, 191-216.

Лекція 8. Регулярний режим.

Види регулярного режиму. Теореми Кондратьєва.

СРС: Переваги і недоліки методу регулярного режиму.

Література: 1 с. 359-365.

Лекція 9. Метод інтегральних перетворень по координатах.

Ядро перетворення. Рішення задач температурного поля методом ІП по координатах. Способи обернення зображень. Нескінченні та кінцеві інтегральні перетворення Фур'є.

СРС: Нескінченні інтегральні перетворення Ханкеля. Обмеження методу ІП по координатам.

Література: 1 с. 515-523, с. 509-515.

Лекція 10. Метод кінцевих різниць (МКР).

Сутність чисельного рішення задачі температурного поля. Різницеві чисельні методи. Основні поняття в різницевих чисельних методах. Апроксимація похідних різницевими операторами. Порядок апроксимації. Апроксимація диференціального рівняння теплопровідності.

СРС: Похибка апроксимації

Література: 1 с. 59-79, 2 с. 69-79.

Лекція 11. Апроксимація теплових балансів граничних елементів. Явна і неявна схеми МКР. Комбіновані схеми МКР: схема Кранка-Ніколсона, трьохшарова явна схема Нікітенко М.І. Апроксимація теплових балансів граничних елементів при різних граничних умовах.

СРС: Апроксимація диференційних рівнянь за комбінованими схемами.

Література: 1 с. 59-79, 2 с. 79-84; 6 с. 195-199.

Лекція 12. Різницеві схеми для рішення одновимірних задач температурного поля. Умови стійкості рішення задач за явною схемою. Рішення задач теплопровідності за явною схемою.

СРС: Рішення задачі температурного поля за явною схемою.

Література: 1 с. 59-79, 2 с. 79-84.

Лекція 13. Метод прогону.

Структура рішення задач температурного поля за неявною схемою МКР. Сутність методу різницевої факторизації (прогону). Визначення коефіцієнтів прогону для одномірної нестационарної задачі температурного поля.

СРС: Переваги і недоліки методу прогону.

Література: 2 с. 96-99.

Лекція 14. Метод змінних напрямків.

Сутність рішення двовимірних задач температурного поля методом змінних напрямків. Різницеві комбіновані рівняння по напрямках осей координат для внутрішніх елементів розбивки простору задачі. Сутність рішення тривимірних задач температурного поля методом розщеплення.

СРС: Переваги і недоліки методу змінних напрямків.

Література: 2 с. 96-99, 111-118.

Лекція 15. Завдання граничних умов в методі змінних напрямків.

Апроксимація теплових балансів граничних елементів для першого прогону. Завдання граничних умов для другого прогону.

СРС: Завдання граничних умов для другого прогону.

Література: 2 с. 59-79, 111-118.

Лекція 16. Чисельний метод розв'язання задачі теплопровідності в багатокомпонентній пористій системі без внутрішніх джерел енергії та при наявності внутрішніх джерел енергії

Структурні характеристики пористих матеріалів. Формулювання математичної моделі. Визначення ефективних значень теплофізичних параметрів. Різницеві схеми апроксимації нелінійних рівнянь теплопровідності і граничних умов.

СРС: Переваги і недоліки існуючих різницевих схем рівняння теплопровідності.

Література: 5 с. 537-541, 564-565, 198-199.

Лекція 17. Методи чисельного дослідження молекулярно-конвективного теплопереносу в багатокомпонентних середовищах без наявності та при наявності внутрішніх фазових перетворень.

Модельне диференціальне рівняння молекулярно-конвективного переносу теплоти. Визначення швидкості конвективного руху компонентів в гетерогенній пористій системі. Визначення інтенсивності фазових переходів в об'ємі пористого тіла і на його границях. Чисельний метод рішення задачі молекулярно-конвективного теплопереносу.

СРС: Переваги і недоліки існуючих різницевих схем рівняння молекулярно-конвективного переносу теплоти.

Література: 5 с. 200-201.

Лекція 18. Методи експериментального моделювання.

Гідротеплова аналогія. Електротеплова аналогія для задач конвективного теплообміну. Електрогідродинамічна аналогія. Дифузійне моделювання. Гідродинамічне моделювання процесу кипіння і кризи теплообміну при кипінні. Методи визначення теплових потоків.

СРС: Гідродинамічне моделювання кризи теплообміну при кипінні. Переваги і недоліки калориметричного методу.

Література: 6 с. 74-94, с. 271-293, 7 с. 5-10.

Лекція 19. Конструкції робочих ділянок для дослідження конвективного теплообміну.

Робочі ділянки (РД) з постійним тепловим навантаженням по довжині. РД з постійною температурою стінки по довжині. Калориметри з внутрішніми джерелами тепла.

СРС: переваги та недоліки РД з постійною температурою стінки по довжині.

Література: 8 с. 193-201.

Лекція 20. Теплообмін при кипінні.

Особливості теплообміну при кипінні. Дослідження умов виникнення кипіння. Методи фіксування кризи теплообміну. Методика дослідження кризи теплообміну при кипінні. Експериментальні установки для дослідження кризи теплообміну

СРС: вимоги до ЕУ для дослідження процесів кипіння

Література: 8 с. 193-201.

Лекція 21. Дослідження тепловіддачі при конденсації пари.

Дослідження миттєвих профілів швидкостей для хвильової ламінарної плівки рідини. Дослідження тепловіддачі при конденсації нерухомої водяної пари, натрієвої пари. ЕУ для дослідження тепловіддачі при конденсації окису азоту.

СРС: ЕУ для дослідження тепловіддачі при конденсації окису азоту.

Література: 7 с. 263-292.

Лекція 22. Оптичні методи дослідження.

Оптичні методи виміру потоків. Шлірен-метод Теплера. Інтерференційний метод.

СРС: Схема лазерного інтерферометра.

Література: 6 с. 217-228.

Практичні заняття

ПЗ-1,2. Самостійна робота студентів по індивідуальним завданням на складання математичної постановки 2-х і 3-х вимірних нестационарних задач температурного поля на прикладах деталей технічних пристроїв у різних системах координат. Формулювання математичної постановки 2-х і 3-х вимірних нестационарних задач температурного поля при перемінних граничних умовах.

Завдання на СРС: Побудова розташування ізотерм у перетинах деталей.

Література: 1 с. 16-22, 24-30.

ПЗ-3. Аналітичне рішення нестационарної задачі температурного поля нескінченної пластини, що охолоджується при граничних умовах 3-го роду методом розділення змінних.

Завдання на СРС: Аналітичне рішення нестационарної задачі теплопровідності для необмеженого циліндра при граничних умовах 1-го роду методом розділення змінних.

Література: 1 с. 115-122.

ПЗ-4,5. Аналітичне рішення нестационарних задач температурного поля методом інтегральних перетворень з табличними зображеннями (напівобмежений стержень, ізольований по бічній поверхні з граничними умовами 1-го роду; той же стержень із граничними умовами 2-го і 3-го роду).

Завдання на СРС: Побудова графіків температурного поля. Аналіз отриманих рішень і температурних полів. Аналіз явища теплового удару.

Література: 1 с. 51-59, 474-481, 484-490.

ПЗ-6. Застосування теорем розкладання для рішення задач температурного поля (одномірна пластина з граничними умовами 1-го та 3-го роду). Збіжність рішень задач температурного поля в

залежності від величини числа Фур'є. Рішення задач теплопровідності при малих і великих числах Фур'є. Аналіз рішення і збіжності ряду. Задоволення рішення початковим і граничним умовам.

Завдання на СРС: Аналітичне рішення нестационарної задачі температурного поля методом нескінченних інтегральних перетворень по координаті (перетворення Фур'є, перетворення Ханкеля).

Література: 1 с. 509-515.

ПЗ-7,8 Рішення нестационарної задачі температурного поля методом кінцевих різниць за явною і неявною схемами для одновимірної пластини при граничних умовах 1-го роду.

Завдання на СРС: Побудова графіків температурного поля.

Література: 1 с. 59-79, 2 с. 79-84.

ПЗ-9,10 Індивідуальні завдання по складанню різницевих схем для чисельного рішення двовимірних нестационарних задач температурного поля в перетинах деталей технічних пристроїв методом перемінних напрямків.

Завдання на СРС: Побудова програми розрахунку чисельного рішення задач температурного поля.

Література: 5 с. 198-199, 1 с. 59-79, 111-118.

ПЗ-11,12. Самостійна робота студентів по індивідуальним завданням на складання математичної постановки 1-но і 2-х вимірних нестационарних задач молекулярно-конвективного теплопереносу в багатокомпонентних системах

Завдання на СРС: Запис різницевих апроксимацій рівнянь математичної моделі.

Література: 5 с. 564-565, 569.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота передбачає підготовку до лекцій, виконання домашніх завдань по практичним заняттям, опрацювання джерел із списку літератури, підготовку до модульної контрольної роботи (МКР), виконання розрахункової роботи, підготовку до заліку.

Перелік питань для підготовки до МКР

1. Методи дослідження процесів теплообміну. Література : 1 с 5-11, 5 с. 7-10.
2. Математичний опис температурного поля. Література: 1 с. 5-11.
3. Крайові умови задач теплопровідності і їхня характеристика. Література: 1 с. 16-22, 24-30.
4. Аналітичні методи рішення задач температурного поля. Література: 1 с. 45-51.
5. Метод інтегральних перетворень (метод ІП). Література: 1 с. 51-59, 474-481, 484-490.
6. Обернення зображень по Лапласу. Література: 1 с.51-59, 490-496.
7. Безрозмірний вид рішення задач температурного поля. Література: 1 с.51-59, 145-148, 191-216.
8. Регулярний режим. Література: 1 с. 359-365.
9. Теплота, що бере участь у нестационарному процесі теплообміну. Література: 1 с. 30-34.
10. Метод інтегральних перетворень по координатах. Література: 1 с. 509-515.
11. Нескінченні та кінцеві інтегральні перетворення. Література: с. 515-523.
12. Метод кінцевих різниць (МКР). Література: 1 с. 59-79, 2 с. 69-79.
13. Апроксимація теплових балансів граничних елементів. Література: 1 с. 59-79, 2 с. 79-84.
14. Різницеві схеми для рішення одновимірних задач температурного поля. Література: 1 с. 59-79, 2 с. 79-84.
15. Метод прогону. Література: 1 с. 59-79, 2 с. 96-99.
16. Метод змінних напрямків. Література: 1 с. 59-79, 2 с. 96-99, 111-118.
17. Завдання граничних умов в методі змінних напрямків. Література: 1 с. 59-79, 111-118.

18. Рішення тривимірних задач температурного поля. Література: 1 с. 59-79, 111-118.
 19. Метод канонічних елементів Література: 6 с. 303-311.
 19. Структурні характеристики пористих матеріалів.. Література: 5 с. 537-541.
 20. Математичний опис молекулярно-конвективного теплообміну в багатокомпонентній системі. Література: 5 с. 564-565.
 21. Різницеві схеми для рішення задач молекулярно-конвективного теплообміну без і при наявності фазових переходів в багатокомпонентній пластині. Література: 5 с. 571.
- Перелік питань для підготовки до заліку.*
1. Методи дослідження процесів теплообміну. Література : 1 с 5-11, 5 с. 7-10.
 2. Математичний опис температурного поля. Література: 1 с. 5-11.
 3. Крайові умови задач теплопровідності і їхня характеристика. Література: 1 с. 16-22, 24-30.
 4. Аналітичні методи рішення задач температурного поля. Література: 1 с. 45-51.
 5. Метод інтегральних перетворень (метод ІП). Література: 1 с. 51-59, 474-481, 484-490.
 6. Обернення зображень по Лапласу. Література: 1 с.51-59, 490-496.
 7. Безрозмірний вид рішення задач температурного поля. Література: 1 с.51-59, 145-148, 191-216.
 8. Регулярний режим. Література: 1 с. 359-365.
 9. Теплота, що бере участь у нестационарному процесі теплообміну. Література: 1 с. 30-34.
 10. Метод інтегральних перетворень по координатах. Література: 1 с. 509-515.
 11. Нескінченні та кінцеві інтегральні перетворення. Література: с. 515-523.
 12. Метод кінцевих різниць (МКР). Література: 1 с. 59-79, 2 с. 69-79.
 13. Апроксимація теплових балансів граничних елементів. Література: 1 с. 59-79, 2 с. 79-84.
 14. Різницеві схеми для рішення одновимірних задач температурного поля. Література: 1 с. 59-79, 2 с. 79-84.
 15. Метод прогону. Література: 1 с. 59-79, 2 с. 96-99.
 16. Метод змінних напрямків. Література: 1 с. 59-79, 2 с. 96-99, 111-118.
 17. Завдання граничних умов в методі змінних напрямків. Література: 1 с. 59-79, 111-118.
 18. Рішення тривимірних задач температурного поля. Література: 1 с. 59-79, 111-118.
 19. Метод канонічних елементів Література: 6 с. 303-311.
 19. Структурні характеристики пористих матеріалів.. Література: 5 с. 537-541.
 20. Математичний опис молекулярно-конвективного теплообміну в багатокомпонентній системі. Література: 5 с. 564-565.
 21. Різницеві схеми для рішення задач молекулярно-конвективного теплообміну без і при наявності фазових переходів в багатокомпонентній пластині. Література: 5 с. 571.
22. Оптичні методи дослідження. Оптичні методи виміру потоків. Шлірен-метод Теплера. Інтерференційний метод. Схема лазерного інтерферометра.
- Основні принципи моделювання. Класифікація і значення експериментальних методів дослідження. Основні принципи моделювання. Вимоги теорії подоби.
23. Основні схеми і типи експериментальних установок (ЕУ). Схеми контурів циркуляції.
 24. ЕУ для дослідження теплообміну у великому об'ємі. Особливості моделювання великого об'єму.
 25. ЕУ для дослідження теплообміну і кризи теплообміну при кипінні. Забезпечення гідродинамічної стійкості потоку в ЕУ.
 26. ЕУ для досліджень теплообміну при надкритичному тиску.
 27. Конструкції робочих ділянок для дослідження конвективного теплообміну.
 28. Методи виміру витрат і поля швидкості потоку.
 29. Методи нагрівання робочих тіл. Особливості електроконтактного нагрівання. Високочастотне нагрівання.

30. Методи нагрівання робочих ділянок. Радіаційне й електронне нагрівання. Обігрів за допомогою високотемпературних теплоносіїв.

31. Методи визначення теплових потоків. Ентальпійні методи, методи, засновані на рішеннях прямої і зворотної задач теплопровідності.

32. Адіабатні і теплоізоляційні оболонки. Теплоізоляційні матеріали.

33. Робочі ділянки (РД) з постійним тепловим навантаженням по довжині. РУ з постійною температурою стінки по довжині.

34. Робочі ділянки (РД) з перемінним тепловим навантаженням по довжині. Калориметри з внутрішніми джерелами тепла.

35. Методи досліджень теплообміну при кипінні і конденсації

36. Дослідження умов виникнення кипіння.

37. Дослідження механізму кипіння. Особливості дослідження механізму кипіння. Дослідження теплообміну при кипінні на мікроповерхнях.

38. Методи фіксування кризи теплообміну.

39. Аналітичні методи дослідження кризи теплообміну при кипінні.

40. Дослідження тепловіддачі при конденсації пари.

Розрахункова робота присвячена математичному моделюванню і чисельному рішенню задач температурного поля в тілах простої геометрії.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, поставлених перед студентом, складається з:

- оцінювання активності у обговоренні питань теми на аудиторних заняттях;
- виконання домашніх завдань по практичним заняттям, МКР згідно з вимогами та критеріями оцінювання.

Слід дотримуватися правил відвідування занять.

На заняттях викладається теоретичний матеріал, розглядаються приклади реалізації практичного застосування теорії, надаються методичні рекомендації та розвиваються навички, необхідні для виконання контрольних завдань. Тому відвідування впливає на результати аудиторної і самостійної роботи студента, підготовку до контрольних заходів.

Вагома частина рейтингу студента формується за рахунок самостійної роботи (виконання домашніх завдань та МКР), активної участі в роботі на аудиторних заняттях.

У разі виявлення академічної недоброчесності у виконаній модульній контрольній роботі – результати контрольного заходу не враховуються.

Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Заохочувальні та штрафні бали

Заохочувальні бали

Завдання, що задаються на самостійне виконання у якості домашньої роботи є відладженими, працюючими програмами + 2 бали

Відповіді на аудиторних заняттях + 2 бали

Штрафні бали

Невчасне виконання домашньої роботи – 2 бали

Невчасне виконання МКР (на не запланованому занятті) – 5 балів

Невчасне виконання розрахункової роботи – 5 балів

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

PCO за освітнім компонентом має **стартову (тах 60 балів)** та **залікову (тах 40 балів)** складові.

Стартова складова: опитування на практичних заняттях (12 занять), виконане домашнє завдання (12 занять), написання модульної контрольної роботи (1), виконання розрахункової роботи.

Залікова складова: відповіді та виконання практичного завдання на заліку.

Аудиторні заняття: За відповідь на практичному занятті можна отримати 2 бали (тах 8 балів).

- «відмінно», вільне володіння матеріалом та вміння його застосувати на практиці отримання результату його практичної реалізації – 8...7 балів;
- «добре», достатньо глибоке володіння матеріалом та вміння його застосувати на практиці – 6...5 балів;
- «задовільно», не достатньо повне володіння матеріалом та уміння його самостійно реалізовувати на практиці. – 4...3 балів.

Самостійна робота: За правильно виконане домашнє завдання можна отримати 2 бали (тах 24 бали).

- «зараховано», виконання завдання у строк – 2 бал;
- «зараховано», завдання виконано, але не у строк – 1 бали;
- «незараховано», завдання не виконано – 0 бали.

Всього за самостійну роботу і роботу на аудиторних заняттях можна отримати тах 32 балів.

Розрахункова робота: I (тах 18 балів)

- «зараховано», виконання завдання у строк –18-15 балів;
- «зараховано», завдання виконано, але не у строк – 14-11 бали;
- «незараховано», завдання не виконано – 0 балів.

МКР: I (тах 10 балів)

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10-8 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7-5 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 4-2 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 1-0 балів.

Залік (тах 40 балів)

Заліковий білет складається з 2-х теоретичних питань, за які можна отримати по 10 балів, та 1-го практичного завдання, за яке можна отримати 20 балів:

- Відповідно 10...9 та 20...16 балів – повна правильна відповідь на запитання або не менше 90% необхідної інформації, виконані практичні завдання є робочими програмами, виконаними у відповідності до умови і що дають в компіляторі ФОРТРАН правильний результат;
- 8...7 і 15...11 балів – повна відповідь на запитання з незначними помилками/неточностями або не менше 75% необхідної інформації, виконані практичні завдання є робочими програмами, виконаними не з усіма поставленими умовами і що дають в компіляторі ФОРТРАН правильний результат;
- 6...5 і 10...6 балів – майже повна відповідь з незначними помилками/неточностями або не менше 60% необхідної інформації, виконані практичні завдання мають незначні помилки/неточності і не є робочими програмами, що дають в компіляторі ФОРТРАН результат;
- 4...0 і 6...0 балів – відповідь відсутня/неправильна або менше 60% необхідної інформації.

Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС та стартовий рейтинг не менше 33 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| <i>Кількість балів</i> | <i>Оцінка</i> |
|---------------------------|---------------|
| 100-95 | Відмінно |
| 94-85 | Дуже добре |
| 84-75 | Добре |
| 74-65 | Задовільно |
| 64-60 | Достатньо |
| Менше 60 | Незадовільно |
| Не виконані умови допуску | Не допущено |

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі zoom).

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н., ст.н.с., Сорокова Н.М.

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 21 від 18.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 24.06.2021 р.)