



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

Проектування теплообмінних апаратів

Шифр та назва спеціальності

142 – Енергетичне машинобудування

Інститут

ІНІ енергетики, електроніки та електромеханіки

Освітня програма

Енергетика

Кафедра

Технічна кріофізика [134]

Рівень освіти

Бакалавр

Тип дисципліни

Вибіркова профілізації

Семестр

8

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Банник Олена Сергіївна

Olena.Bannyk@khpі.edu.ua

Асистент кафедри;

20 років досвіду в проектуванні холодильних систем.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)



Руденко Микола Захарович

Mykola.Rudenko@khpі.edu.ua

Кандидат технічних наук, старший викладач

Досвід роботи – 45 років. Автор понад 70 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Монтаж, експлуатація та сервіс холодильних установок», «Конструкційні особливості енергетичних установок», «Сучасні досягнення спеціальних низькотемпературних технологій і систем», «Спеціальні питання тепломасообміну».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна "Проектування теплообмінних апаратів" зосереджується на вивченні методів та принципів конструювання теплообмінників, що використовуються в різноманітних технічних системах. Студенти отримають глибокі знання щодо теплообміну, розглядаючи фундаментальні принципи передачі тепла та розробки ефективних теплообмінних пристроїв. Курс включає аспекти гідравліки, термодинаміки і матеріалознавства, необхідні для розуміння та оптимізації конструкцій теплообмінників. Студенти також

навчаються використовувати сучасні інженерні інструменти для проектування, аналізу та вдосконалення теплообмінних апаратів у різних технічних галузях.

Мета та цілі дисципліни

Мета дисципліни полягає у наданні студентам фундаментальних знань та навичок у галузі теплообміну для ефективного проектування та оптимізації теплообмінних систем.

Цілі дисципліни включають:

1. Розуміння основних принципів теплообміну, включаючи механізми теплопередачі та види теплообмінних апаратів.
2. Вивчення впливу гідравлічних та термодинамічних аспектів на ефективність теплообміну та їх врахування при проектуванні.
3. Навчання методів оптимізації теплообмінних апаратів для досягнення максимальної ефективності та використання ресурсів.
4. Освоєння навичок використання сучасних програмних засобів та інженерних інструментів для моделювання та аналізу теплообмінних систем.
5. Розвиток практичних навичок проектування теплообмінних апаратів з урахуванням конкретних вимог та умов застосування.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

- ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 5. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Результати навчання

- ФК 2. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії.
- ФК 4. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання.
- ФК 6. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні нового обладнання в галузі енергомашинобудування і застосовувати прогресивні методи експлуатації теплотехнологічного обладнання для об'єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки.
- ФК 7. Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів у ході підготовки виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових енергетичних об'єктів та систем.
- ФК 8. Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 30 год., практичні заняття – 20 год., самостійна робота – 70 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

- Вища математика
- Основи технічної термодинаміки
- Прикладне програмне забезпечення в енергетиці.
- Тепломасообмін.

Спеціальні питання тепло масообміну.
Гідрогазодинаміка.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Особливості дисципліни:

1. Інтеграція теорії та практики: забезпечення збалансованого підходу, де теоретичні знання підтримуються реальними прикладами та завданнями з практики.
2. Широкий спектр тематик: охоплення різноманітних аспектів теплообміну, включаючи гідравліку, термодинаміку, та матеріалознавство.
3. Застосування сучасних технологій: використання інженерних програм та симуляційних інструментів для моделювання та аналізу теплообмінних процесів.

Методи Навчання:

1. Лекції та дискусії: передача теоретичних знань та обговорення ключових питань у групі.
2. Практичні лабораторні заняття: виконання експериментів та вирішення завдань, спрямованих на отримання конкретних навичок.
3. Проектна робота: розробка проектів теплообмінних апаратів, що включає в себе аналіз, проектування та оптимізацію.

Технології навчання:

1. Електронні ресурси: використання електронних підручників, статей та відеоматеріалів для додаткового вивчення.
2. Застосування відеоконференцій для зручності дистанційного навчання.
3. Онлайн-платформи: використання спеціалізованих платформ для взаємодії, обговорення та подання завдань.

Програма навчальної дисципліни

Тема 1 Місце та роль теплообмінних апаратів (ТА) у схемі холодильної установки.

Типи ТА холодильних установок. Класифікація. Формули для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі при різних видах конвекції, типах руху, геометрії та розташування поверхні, що омивається, при кипінні рідин і конденсації пари.

Тема 2 Параметри ефективності ТА.

Тема 3 Рекуперативні ТА.

Типи. Схеми руху. Рівняння теплового балансу та теплопередачі. Коефіцієнт теплопередачі ТА. Коефіцієнти ефективності ребреної поверхні. Коефіцієнт корисної дії (ККД) ТА. Середній температурний тиск.

Тема 4 Розрахунок та послідовність проектування ТА. Тепловий конструктивний та компонований розрахунок. Перевірочний тепловий розрахунок.

Тема 5 Гідравлічний розрахунок ТА.

Розрахунок ТА на міцність. Конструкційні матеріали для ТА. Розрахунки на міцність конструкційних елементів ТА (корпусів, днищ та кришок циліндричних ТА, зміцнення отворів в обичайках та днищах апаратів, трубних решіток та труб, фланцевих з'єднань. Теплова ізоляція ТА.

Тема 6 Конденсатори.

Класифікація конденсаторів. Конденсатори із повітряним охолодженням, водяним охолодженням, водоповітряним охолодженням. Особливості термічного розрахунку. Розрахунок теплопередачі. Втрата тиску. Середня різниця температур. Проектування.

Тема 7 Випарники.

Класифікація випарників. Схеми підключення. Типи випарників, особливості конструкції. Оцінка коефіцієнтів тепловіддачі та втрат тиску. Особливості теплового розрахунку випарників.

Тема 8 Типові конструкції ТА: типу "труба в трубі", зі спаяних труб, кожухотрубні ТА (прямотрубні та виті).

Класифікація повітроохолоджувачів. Поверхневі та контактні охолоджувачі повітря. Особливості теплового та аеродинамічного розрахунку поверхневих та контактних повітроохолоджувачів. Охолоджуючі батареї.

Тема 9 Пластинчасті теплообмінники.

Конструкції та застосування. Типи гофрованих пластин. Коефіцієнти гідравлічного опору. Коефіцієнти тепловіддачі. Чинники, що визначають характеристики пластин. Розрахунок теплогідравлічних характеристик при течії між пластинами. Розміщення пластин та поправочні коефіцієнти. Відкладення. Використання для двофазних потоків.

Тема 10 Компактні ТА (пластинчасто-ребристі).

Геометричні параметри ТА. Конфігурація пластинчасто-ребристих поверхонь. Теплогідравлічні характеристики. Співвідношення для розрахунку тепловіддачі та коефіцієнтів тертя. Параметри порівняння ефективності поверхонь. Розрахунки перепаду тиску. Конденсація та випаровування у пластинчасто ребристих ТА.

Тема 11 Контактні ТА.

Градирні. Тепловий розрахунок градирні. Градирні із природною тягою. Градирні із вимушеною тягою. Гібридні градирні.

Тема 12 Регенеративні теплообмінні апарати.

Принцип дії та конструкція регенераторів. Порівняння регенераторів із рекуператорами. Теплопередача у регенераторах. Гідравлічні опори у регенераторах. Тепловий розрахунок регенераторів. Температурний режим роботи регенераторів. Очищення повітря від домішок у регенераторах установок повітря. Оцінка ефективності регенератора.

Тема 13 Шляхи інтенсифікації роботи ТА.

Методи інтенсифікації теплообміну в ТА різних конструкцій. Інтенсифікація теплообміну в ТА повітряного охолодження. Застосування нових компактних ТА.

Тема 14 Допоміжні теплообмінні апарати.

Регенеративні теплообмінники. Опис роботи та конструкцій. Регенеративні теплообмінники. Методика теплового та гідродинамічного розрахунку. Допоміжне обладнання тепломасообмінних установок.

Тема 15 Методи аналізу ефективності теплообмінних апаратів.

конструкцій (конструктивна) та режимів роботи (параметрична) ТА. Програмне забезпечення для підбору ТА для роботи у складі низькотемпературного обладнання.

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Визначення теплових характеристик матеріалів: дослідження теплопровідності різних матеріалів, визначення їх впливу на ефективність теплообмінника.

Тема 2. Моделювання теплообмінного процесу: використання інженерних програм для створення 3D-моделі теплообмінника та аналізу його теплових характеристик.

Тема 3. Оцінка впливу гідравлічних втрат: експериментальне визначення гідравлічних втрат у системі теплообміну та їх впливу на ефективність.

Тема 4. Оптимізація геометрії теплообмінника: проектування та тестування різних геометричних конфігурацій для максимізації теплового обміну.

Тема 5. Аналіз термодинамічних параметрів: вивчення впливу термодинамічних факторів на ефективність теплообмінника під час зміни температур.

Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Хітман, Д. та Хейнес, К. (2018). "Проектування теплообмінного обладнання: Основні принципи та практика." Видавництво Технічної Літератури.
2. Краус, А. Д. та Вільсон, У. Р. (2017). "Теплообмін: Принципи та дизайн." Видавництво МакГроу-Гілл.
3. Гузеев, В. М. (2019). "Теплообмінне обладнання: Проектування та експлуатація." Видавництво Лібідь.
4. Кумар, Р., Гаві, Д., та Арора, А. (2016). "Теплообмінні апарати: Проектування та оптимізація." Ізд-во Всеукраїнського гуманітарного інституту.

Додаткова література:

1. Шах, Р. К. (2018). "Теплообмінні апарати: Елементи конструкцій та проектування." Видавництво Тернопільського національного технічного університету.

2. Лі, Ц., та Ван, Д. (2019). "Теплообмін: Принципи та застосування." Видавництво Китайського університету науки та техніки.
3. Какаці, Р., та Сондак, Я. (2020). "Модерні методи проектування теплообмінного обладнання." Видавництво Спрингер.
4. Горбачов, В. В. (2017). "Курс теплообміну: Лекції з проектування." Видавництво Київського національного технічного університету.
6. Dincer, I., & Rosen, M. A. (2011). Thermal energy storage: systems and applications (2nd ed.). John Wiley & Sons.

for heating and cooling buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 99, 133-153.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Опис структури підсумкової оцінки, обов'язкових завдань та процедури нарахування балів, особливо звертаючи увагу на самостійну роботу та індивідуальні завдання.

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

Дата погодження, підпис
30.08.2023

Завідувач кафедри

Вадим СТАРІКОВ



Дата погодження, підпис
30.08.2023

Гарант ОП

Оксана ЛІТВИНЕНКО

