



Курсовий проєкт з теплообмінних апаратів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>ОПП Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>1,5 кредити, 45 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Курсовий проєкт, залік</i>
Розклад занять	<i>Аудиторні заняття не передбачені</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>укр.мова - к.т.н, доц. Фуртат Ірина Едуардівна, i.e.furtat@gmail.com i.e.furtat@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=218283</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Предметом освітнього компоненту «Курсовий проєкт з теплообмінних апаратів» є реалізація на практиці основ теорії і розрахунку теплообмінних апаратів. Теплообмінники, враховуючи їх широке розповсюдження в різноманітних теплоенергетичних і теплотехнічних установках, обрано об'єктом проектування.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які студент набуде після вивчення дисципліни:

- ЗК3* Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК4* Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК6* Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 9* Здатність приймати обґрунтовані рішення
- ФК 1* Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, наукові і технічні методи і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.
- ФК 2* Здатність застосовувати і інтегрувати знання і розуміння інших інженерних дисциплін.
- 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.

ФК 13 Здатність аналізувати методи та засоби підвищення теплової економічності устаткування об'єктів промислової та муніципальної теплоенергетики; визначати шляхи модернізації теплової схеми з метою підвищення економічності та надійності роботи об'єктів промислової та муніципальної теплоенергетики.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

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

ПРН 2 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 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 12 Розуміти основні методики проектування і дослідження в теплоенергетиці, а також їх обмеження.

ПРН 19 Вміти розробляти і реалізовувати енергозберігаючі заходи при проектуванні та експлуатації теплоенергетичного обладнання.

ПРН 20 Вміти розробляти оптимальні конструкції та експлуатаційні режими теплообмінного обладнання; оцінювати їх ефективність і загальну економічність

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

Передумовою вивчення освітнього ком поненту є засвоєння знань з освітніх компонентів, що викладаються попередньо, а саме: «Вища математика», «Фізика», «Гідрогазодинаміка», «Технічна термодинаміка», «Інформаційні технології», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Технічна механіка». В свою чергу знання в області теплообмінних апаратів забезпечують повноцінне сприйняття та вивчення таких наступних професійно-орієнтованих дисциплін навчальних планів: «Теплотехнологічні процеси і установки», «Котельні установки промислових підприємств», «Нагнітачі та теплові двигуни, «Теплові мережі, «Використання нетрадиційних джерел енергії» «Системи виробництва та розподілу енергоносіїв», «Специфікація тепломасообміну», «Проектування теплоенергетичних установок». На результатах навчання з даної дисципліни базується виконання науково-дослідних робіт, інженерних і дипломних проєктів.

3. Зміст навчальної дисципліни

В освітньому компоненті «Курсовий проект з теплообмінних апаратів» виконуються наступні етапи роботи за наведеним графіком

Тиждень семестру	Назва етапу роботи
1 - 2	Отримання теми та завдання, підбір типу теплообмінного апарату (ТОА).
3 – 4	Підбір та вивчення літератури, підбір схеми ввімкнення ТОА.
5 – 6	Виконання теплового і конструктивного розрахунків теплообмінника.
7 – 8	Проведення гідравлічного розрахунку і визначення втрат напору в трубному і міжтрубному просторі.
9 – 10	Розрахунок елементів теплообмінника на міцність.
11 - 14	Виконання креслень загального вигляду, збіркових та деталювання за виконаними розрахунками.
15 – 16	Оформлення і редагування пояснювальної записки.
17	Подання курсового проекту на перевірку, попередній захист.
18	Захист курсового проекту.

Проект містить пояснювальну записку, яка має обсяг 30-50 сторінок з малюнками та схемами, а також графічну частину в обсязі 2-х аркушів формату А1.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Теплообмінні апарати та теплоносії. Курсовий проект [Електронний ресурс] : Навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітньої програми «Теплофізика» / Є.В. Шевель ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,92 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 40 с.
2. Розрахунок кожухотрубного теплообмінника : методичні рекомендації до виконання курсового проекту / Уклад.: В.І.Глибін – К.: НАУ, 2014 – 92 с.
3. Розрахунок теплообмінних апаратів [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітньо-професійної програми «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження», освітньо- кваліфікаційного рівня «бакалавр». / Укладачі: І.О. Назарова, Н.О. Притула; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,6 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 51 с.
4. Теплообмінники теплових схем паротурбінних установок. Ч.І. Поверхневі теплообмінники [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика», спеціалізації «Теплові електричні станції та установки»/ Л.О.Кесова, Ю.М.Побіровський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,11 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 115 с.
5. Процеси і апарати харчових виробництв. Теплообмінні процеси: Підручник / В.С. Бойко, К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, О.П. Ломейко. Мелітополь, 2020. 300

6. Таранова, Л. В. Т 19 Теплообменные аппараты и методы их расчета : учебное пособие / Л. В. Таранова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2012. – 198 с.
7. Бухмиров В.В., Ракутина Д.В., Солнышкова Ю.С., Пророкова М.В. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2014. – 124 с
8. Савельев Н.И Расчет и проектирование кожухотрубчатых теплообменных аппаратов: учеб. пособие / Н.И. Савельев, П.М. Лукин. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. 2010. – 80 с
9. Тепломассообменное оборудование предприятий: краткий курс лекций для обучающихся 3 курса направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» / Сост.: В.А. Глухарев // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2017. – 120 с.
10. Дахин О. Х. Теплообменные аппараты: учеб. пособие/ О. Х. Дахин, Н. О. Сиволобова/ ВолгГТУ. - Волгоград, 2006. - 96 с
11. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Т 19 Теплообменные аппараты ТЭС: учеб. пособие для вузов. — 4-е изд., дополненное. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007. — 269 [3] с.
12. Теплообменные аппараты ТЭС [Электронный ресурс] : справочник: в 2 кн. Кн. 1 / под общ. ред. чл.-корр. РАН Ю.Г. Назмеева и проф. В.Н. Шлянникова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016.
13. Теплообменные аппараты ТЭС [Электронный ресурс]: справочник: в 2 кн. Кн. 2 / под общ. ред. чл.-корр. РАН Ю.Г. Назмеева и проф. В.Н. Шлянникова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2016

Допоміжна література

14. Бажан П.И. и др. Справочник по теплообменным аппаратам. – М.: Машиностроение, 1989. – 368с., ил.
15. Бакластов А.М. и др. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплообменных установок: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 336с., ил.
16. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. Учебник для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 560с., ил.
17. Гетьман О.Г., Білицька Н.В., Баскакова Г.В., Шепель В.П. Читання та деталювання креслеників загального виду. Навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету усіх форм навчання – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 112с.
18. Лебедев П.Д., Щукин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий. (Курсовое проектирование). Учеб. пособие для энергетических вузов и факультетов. – М.: Энергия, 1970. – 356с., ил.
19. Маньковский О.Н., Толчинский А.Р., Александров М.М. Теплообменная аппаратура химических производств. – Л.: Химия, 1976. – 460с., ил.
20. Пермьяков В.А., Левин В.С., Дивова Г.В. Теплообменники вязких жидкостей, применяемые на электростанциях. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. – 176с., ил.
21. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 588с.: ил. – (Теплоэнергетика и теплотехника: Кн. 4).

22. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т. 1 / Пер. с англ., под ред. Б.С. Петухова, В.К. Шикова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 560с., ил.
23. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т. 2 / Пер. с англ. под ред. О.Г. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 352с.: ил.
24. Теплообменные аппараты холодильных установок / Под ред. Г.Н. Даниловой. – М.: Машиностроение, 1986. – 560с., ил.
25. Фраас А., Оцисик М. Расчет и конструирование теплообменников. – М.: Атомиздат, 1971. – 358с.
26. Стандартные кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего назначения. Каталог. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1982. – 33 с.
27. Пластинчатые теплообменные аппараты/ А.М.Тарадай, О.И.Гуров, Л.М.Коваленко; под ред. Н.М.Зингера Х.: Прапор, 1995. – 60с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Запропоновано наступний перелік тем і варіантів вихідних даних

Тема 1. Чотириходовий вертикальний пароводяний підігрівник

Завдання. Для покриття потреб промислового підприємства в електричній і тепловій енергії використано теплофікаційну паросилову установку з паровою турбіною і протитиском без регульованих відборів пари. Потужність парової турбіни **N, МВт**. Абсолютний тиск пари перед турбіною **p₁, МПа**, а початкова температура пари **t₁, °С**. Абсолютний тиск пари за турбіною **p₂ МПа**. Відносний внутрішній і механічний коефіцієнти корисної дії турбіни становлять відповідно **η_{oi}** і **η_m**, механічний коефіцієнт корисної дії електрогенератора **η_г**. Для забезпечення тепlopостачання підприємства необхідно виконати проект чотириходового вертикального пароводяного підігрівника з плаваючою камерою, в якому використовується вся пара після її розширення в паровій турбіні. Вода в підігрівнику рухається всередині латунних трубок діаметром **d₁/d₂=18/20 мм**, нагріваючись від температури **t'₂, °С** до **t''₂, °С**, а пара надходить до міжтрубного простору.

Вихідні дані до теми 1

Варіанти	Потужність турбіни N, МВт	Початкові параметри пари		Абсолютний тиск пари за турбіною p ₂ МПа	Відносний внутрішній к. к. д. турбіни η _{oi}	Механічний к. к. д. турбіни η _m	Механічний к. к. д. електрогенератора η _г	Температури води	
		Абсолютний тиск p ₁ , МПа	Температура t ₁ , °С					t' ₂ , °С	t'' ₂ , °С
1–1	2,5	3,43	435	0,294	0,85	0,95	0,95	65	120
1–2	4,0	3,43	435	0,490	0,85	0,95	0,96	60	135
1–3	6,0	3,43	435	0,490	0,86	0,95	0,97	65	135
1–4	6,0	3,43	435	0,981	0,86	0,95	0,96	60	160
1–5	12	3,43	435	0,490	0,86	0,95	0,95	65	135
1–6	1,7	2,5	410	0,6	0,8	0,94	0,96	70	145

1–7	1,8	2,5	370	0,3	0,82	0,94	0,97	65	122
1–8	2,4	3,0	400	0,4	0,85	0,95	0,96	70	140
1–9	2,5	3,0	350	0,3	0,85	0,95	0,95	65	120
1–10	1,5	3,2	400	0,6	0,8	0,94	0,96	70	135

Тема 2. Двоходовий вертикальний пароводяний підігрівник

Завдання. В вертикальному пароводяному підігрівнику вода при масовій витраті m_2 , кг/с рухається всередині латунних трубок діаметром $d_1/d_2=17/19$ мм. Температура води на вході і виході з теплообмінника дорівнює відповідно t'_2 , °C, t''_2 , °C. Кількість ходів нагрівної води $Z=2$. Тиск води на вході в підігрівник P_v , МПа. Суха насичена водяна пара надходить до міжтрубного простору підігрівника під абсолютним тиском p , МПа.

Вихідні дані до теми 2

Варіанти	p , МПа	m_2 , кг/с	t'_2 , °C	t''_2 , °C	P_v , МПа	Особливості конструкції
2–1	7,92	50	100	150	16	3 фланцевою скобою
2–2	2,7	50	70	110	14	3 закладним роз'ємним кільцем
2–3	7,92	66,7	110	150	12	3 кільцем з'єднаним накладками
2–4	2,7	66,7	70	110	14	3 фланцевою скобою
2–5	7,92	97,2	110	150	16	3 закладним роз'ємним кільцем

Тема 3. Горизонтальний пароводяний підігрівник для системи теплопостачання

Завдання. Теплове навантаження підігрівника Q , МВт. Вода рухається по латунних трубках діаметром $d_1/d_2=14/16$ мм. Температура води на вході і виході з теплообмінника дорівнює відповідно t'_2 , °C, t''_2 , °C. Кількість ходів по воді, яка нагрівається $Z=2$. Тиск води на вході в підігрівник P_v , МПа. Суха насичена водяна пара надходить до міжтрубного простору підігрівника під абсолютним тиском p , МПа.

Вихідні дані до теми 3

Варіанти	Q , МВт	p , МПа	t'_2 , °C	t''_2 , °C	P_v , МПа
3–1	1,4	3,61	70	95	5
3–2	2,0	2,70	65	90	4
3–3	2,8	4,76	70	98	5
3–4	2,0	3,61	65	95	4
3–5	2,2	2,70	70	90	5

Тема 4. Вертикальний пароводяний підігрівник з U-подібними трубками

Завдання. Теплове навантаження підігрівника Q , МВт. Вода рухається по латунних трубках діаметром d , мм. Температура води на вході і виході з теплообмінника дорівнює відповідно t'_2 , °C, t''_2 , °C.

Суха насичена водяна пара надходить до міжтрубного простору підігрівника під абсолютним тиском p , МПа. Тиск води на вході в теплообмінник P_v , МПа.

Вихідні дані до теми 4

Варіанти	Q , МВт	Діаметр труб, мм	t'_2 , °C	t''_2 , °C	p , МПа	P_v , МПа
4–1	2,5	18x1	60	100	1,43	5
4–2	3,5	20x1	55	105	1,98	6
4–3	2,4	16x1	70	120	2,7	7
4–4	2,3	18x1	70	100	1,43	6
4–5	3,5	20x1	60	110	1,98	5

Тема 5. Горизонтальний пароводяний підігрівник з U-подібними трубами

Завдання. Теплове навантаження підігрівника Q , МВт. Вода рухається по латунних трубках діаметром d , мм. Температура води на вході і виході з теплообмінника дорівнює відповідно t'_2 , °C, t''_2 , °C.

Суха насичена водяна пара надходить до міжтрубного простору підігрівника під абсолютним тиском p , МПа. Тиск води на вході в теплообмінник P_v , МПа.

Вихідні дані до теми 5

Варіанти	Q , МВт	Діаметр труб, мм	t'_2 , °C	t''_2 , °C	p , МПа	P_v , МПа
5–1	2,5	25x2,5	60	100	1,43	10
5–2	3,5	25x2	55	105	1,98	12
5–3	2,4	20x2	70	120	2,7	16
5–4	2,3	20x2	70	100	1,43	12
5–5	3,5	25x2	60	110	1,98	16

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Обрати тип теплообмінного апарату і схему його ввімкнення. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	3
2	Виконати термодинамічний розрахунок схеми ввімкнення теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	3
3	Виконати тепловий розрахунок теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	3
4	Література: Рекомендована базова і допоміжна література. Завдання на СРС. Виконати гідродинамічний (а за необхідності й аеродинамічний) розрахунок теплообмінного апарату.	3
5	Виконати розрахунок теплообмінного апарату на міцність. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	3
6	Виконати конструкторський розрахунок теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	3
7	Виконати перевірочний розрахунок теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	3
8	Виконати креслення загального вигляду теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	4
9	Виконати збіркове креслення трубчатки теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	4

10	Виконати збіркове креслення кришок-фланців теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	4
11	Виконати креслення трубної решітки теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	4
12	Завдання на СРС. Виконати специфікацію теплообмінного апарату. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	4
13	Підготувати і оформити курсовий проект до захисту. Література: Рекомендована базова і допоміжна література.	4

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- Відвідувати консультації;
- Виконувати завдання і вчасно їх здавати;
- Максимальна кількість балів при невчасній здачі результатів розрахунків за практичними роботами зменшується вдвічі.

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

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за

- 1)якість пояснювальної записки та графічного матеріалу;
- 2) якість виконання графіку роботи над проектом;
- 3)якість захисту.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Якість пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Ваговий бал за виконання завдань –25. Максимальна кількість балів $r_1=25$

25-20 — завдання виконано правильно, ретельно оформлено;

24-15 — завдання виконано з незначними помилками, які студент виправив після зауваження викладача, добре оформлено;

14-5 — завдання виконано з помилками, або не повністю, що студент виправив після зауваження викладача, задовільно оформлено;

4-0 — завдання виконано з грубими помилками, або не повністю, завдання не виконано.

2. Якість виконання графіку роботи над проектом.

Ваговий бал за виконання етапів завдань — 5. Максимальна кількість балів $r_2=5 \times 9 = 45$

5 — завдання виконано правильно та ретельно оформлено

4 — завдання виконано правильно та оформлено з незначними помилками

3 — виконано 80- 30% завдання та оформлено задовільно

0 — виконано < 30% завдання або оформлено без застосування креслярських приладів

3. Якість захисту.

Ваговий бал – 30. Максимальна кількість балів $r_3=30$

30-25 – завдання виконано правильно, ретельно оформлено, проведено необхідні розрахунки, на запитання подані правильні відповіді;

24-15 – виконано теоретичне описання процесу, проведені необхідні розрахунки, можливі незначні помилки, що не впливають на суть відповіді та відсутність деяких розмірів та позначень за браком часу, на запитання подані правильні відповіді, можливі незначні

14-5 – допущені помилки в викладені теоретичного питання, але правильно визначений напрям відповіді, можливо з незначними помилками, зроблено розрахункове завдання з деякими помилками, на більшість запитань подані правильні відповіді;

4-0 — робота не зарахована.

Штрафи та заохочувальні бали.

відсутність на консультації без поважної причини – -2 бали

несвоєчасне виконання етапів роботи —2 бали

дострокова здача роботи – +4 бали

участь в олімпіадах – +3 бали

підготовка рефератів – +3 бали

підготовка оглядів наукових праць – +4 бали

удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни – +4 бали

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

Сума максимальних вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає :

$$R = R_c = \sum r_k = 25 + 45 + 30 = 100 \text{ балів.}$$

Рейтингова оцінка студента з кредитного модуля формується як сума рейтингових балів r_k , а також заохочувальних/штрафних балів r_s :

$$R_D = \sum r_k + \sum r_s$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент., к.т.н., доцент Фуртат Ірина Едуардівна

Ухвалено кафедрою теоретичної і промислової теплотехніки (протокол № 16 від 23.06.2021 р.)

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