

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра _____ Технічна кріофізика _____
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова науково-методичної комісії _____
(назва комісії)

« _____ » _____ 20 _____ року
(підпис) (ініціали та прізвище)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Проектування теплообмінних апаратів

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань _____ 14 Електрична інженерія _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 142 Енергетичне машинобудування _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____ 142-03 Кріогенна та холодильна техніка _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ професійна підготовка _____
(загальна підготовка / професійна підготовка)

форма навчання _____ денна _____
(денна / заочна)

Харків – 2022 рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

Проектування теплообмінних апаратів

(назва дисципліни)

Розробники:

ст.викладач

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

С.В.Юшко

(ініціали та прізвище)

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

Технічна кріофізика

(назва кафедри)

Протокол від « » 20 року №

Завідувач кафедри ТКФ

(назва кафедри)

(підпис)

В.В.Старіков

(ініціали та прізвище)

ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Підпис голови НМК (для дисциплін загальної підготовки та дисциплін професійної підготовки за спеціальністю) або завідувача випускової кафедри (для дисциплін професійної підготовки зі спеціалізації, якщо РПНД розроблена не випусковою кафедрою)

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета: усвідомлення призначення теплообмінних апаратів в низькотемпературних системах, особливостей їх конструкцій та принципів дії. Придбання знань та навичок проектування або підбору теплообмінних апаратів різних конструкцій та типів для роботи у складі холодильної або кріогенної системи.

Компетентності: ЗК-1, ЗК-2, ЗК-5,
ПК-4, ПК-5, ПК-8, ПК-10,
ПКс-2, Пкс-3, ПКс-5, ПКс-6.

(Вказується шифр компетентності з освітньої програми спеціальності або спеціалізації, яка забезпечується даною навчальною дисципліною)

Результати навчання: РН-1 (Знання і розуміння математики та тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми).

(Вказується шифр результатів навчання з освітньої програми спеціальності або спеціалізації, які забезпечуються даною навчальною дисципліною.)

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Вища математика	Кріогенні системи скраплення та розділення газових сумішей
Основи технічної термодинаміки	Пристрої та автоматизація холодильних та кріогенних систем
Прикладне програмне забезпечення в енергетиці	
Тепломасообмін	
Спеціальні питання тепломасообміну	
Гідрогазодинаміка	

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	з них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Контрольні роботи (кількість робіт)	Залік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Денна форма навчання										
8	120/4	50	70	30		20	Р	2	3	
Денна прискорена форма навчання										
6	120/4	50	70	30		20	Р	2	3	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 41,7 %):

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
			Змістовий модуль № 1. Класифікація та конструкції ТА. Рекуперативні ТА	
1	Л	2	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 омиваємої поверхні, при кипінні рідин і конденсації пари. Параметри ефективності ТА.	1,2,3
2	Л	2	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.	1,2,3,4
3	Л	2	Розрахунок та послідовність проектування ТА. Тепловий конструктивний та компоновочний розрахунок. Перевірочний тепловий розрахунок.	1,2,3,4
4	Л	2	Гідравлічний розрахунок ТА. Розрахунки ТА на міцність. Конструкційні матеріали для ТА. Розрахунки на міцність конструкційних елементів ТА (корпусів, днищ та кришок циліндричних ТА, зміцнення отворів в обічайках та днищах апаратів, трубних решіток та труб, фланцевих з'єднань. Теплоізоляція ТА.	1,2,3,4
5	Л	2	Конденсатори. Класифікація конденсаторів. Конденсатори із повітряним охолодженням, водяним охолодженням, водоповітряним охолодженням. Особливості термічного розрахунку. Розрахунок теплопередачі. Втрата тиску. Середня різниця температур. Проектування.	1,2,3,4
6	Л	2	Випарники. Класифікація випарників. Схеми підключення. Типи випарників, особливості конструкції. Оцінка коефіцієнтів тепловіддачі та втрат тиску. Особливості теплового розрахунку випарників.	1,2,3,4
7	Л	2	Типові конструкції ТА: типу "труба в трубі", зі спаяних труб, кожухотрубні ТА (прямотрубні та виті).	1,2,3,4
8	Л	2	Класифікація повітроохолоджувачів. Поверхневі та контактні охолоджувачі повітря. Особливості теплового та аеродинамічного розрахунку поверхневих та контактних повітроохолоджувачів. Охолоджуючі батареї.	1,2,3,4
9	Л	2	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.	1,2,3,4

10	Л	2	Відкладення. Використання для двофазних потоків. 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.	1,2,3,4
11	Л	2	Змістовий модуль № 2. Регенеративні та контактні ТА. Аналіз ефективності ТА, їх оптимізація. Контактні ТА. Градирні. Тепловий розрахунок градирні. Градирні із природною тягою. Градирні із вимушеною тягою. Гібридні градирні.	3,4,5
12	Л	2	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.	3,4,5
13	Л	2	Шляхи інтенсифікації роботи ТА. Методи інтенсифікації теплообміну в ТА різних конструкцій. Інтенсифікація теплообміну в ТА повітряного охолодження Застосування нових компактних ТА.	3,4,5
14	Л	2	Допоміжні теплообмінні апарати. Регенеративні теплообмінники. Опис роботи та конструкцій. Регенеративні теплообмінники. Методика теплового та гідродинамічного розрахунку. Допоміжне обладнання тепломасообмінних установок.	4,5,6
15	Л	2	Методи аналізу ефективності теплообмінних апаратів. Оптимізація конструкцій (конструктивна) та режимів роботи (параметрична) ТА. Програмне забезпечення для підбору ТА для роботи у складі низькотемпературного обладнання.	4,5,6
16	ПЗ	2	Розрахунок теплового балансу, середнього теплового напору в ТА. Проектувальний та повірочний розрахунки.	9-11
17	ПЗ	2	Розрахунок коефіцієнтів теплообміну однофазних потоків в ТА без зміни їх фазового складу. Розрахунок ТА типу "труба в трубі".	9-11
18	ПЗ	2	Конструкція та розрахунок кожухотрубних і змієвикових ТА	1,2,3,4
19	ПЗ	2	Особливості розрахунків ТА конденсаторів. Визначення коефіцієнта теплообміну при конденсації та коефіцієнта теплопередачі ТА.	1,2,3,4
20	ПЗ	2	Особливості розрахунків ТА випарників. Розрахунок коефіцієнтів теплообміну двофазних потоків в ТА. Визначення коефіцієнта теплообміну при кипінні та коефіцієнта теплопередачі ТА.	1,2,3,4
21	ПЗ	2	Конструкція та розрахунок трубчато- пластинчатих ТА.	8,9
22	ПЗ	2	Конструкція та розрахунок пластинчатих теплообмінників.	11-13
23	ПЗ	2	Конструкція та розрахунок пластинчато- ребристих ТА.	11-13
24	ПЗ	2	Методика розрахунку регенеративних ТА. Визначення конструктивних та режимних параметрів.	2,4,10
25	ПЗ	2	Гідравлічні та міцності розрахунки теплообмінних апаратів. Основні залежності для розрахунків.	8,9
Разом (годин)		50		

Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	30
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	10
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	-
4	Виконання індивідуального завдання:	25
5	Інші види самостійної роботи	5
	Разом	70

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункове завдання

(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1	Проектування теплообмінного апарата низькотемпературної системи. Дослідження впливу конструктивних та режимних параметрів теплообмінного апарата на його масогабаритні характеристики та втрати тиску.	10

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Навчання з курсу "Проектування теплообмінних апаратів" здійснюється у формі навчальних занять (лекції, практичні заняття, консультації), а також у формі самостійної роботи (опрацювання навчального матеріалу, виконання та захист індивідуального навчального розрахункового завдання).

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль: опитування на лекційних заняттях, перевірка підготовки до практичного заняття шляхом розв'язання задач, перевірка домашніх завдань, перевірка ІДЗ (Р).

Модульний контроль: контрольна робота (теоретичні питання та розв'язання задачі).

№ з/п	Назва модульної контрольної роботи та колоквиуму	Терміни проведення (на якому тижні)
1	Розрахунки рекуперативних ТА	6
2	Розрахунки ТА зі зміною фазового стану потоків (конденсаторів, випарників)	10

Семестровий контроль: залік в усній формі за переліком питань. Результати поточного контролю (сумарна оцінка за кожен модуль) за бажанням студента враховуються на заліку.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1. Розподіл балів для оцінювання поточної успішності студента

1 семестр

Поточне тестування та самостійна робота									
Змістовий модуль 1									
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Змістовий модуль 2									Сума
T11	T12	T13	T14	T15	ПЗ	МК1	МК2	Р	100
2	2	2	2	2	20	10	10	30	

T1, T2, ... – номери тем змістових модулів.

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 ... 100	A	відмінно
82 ... 89	B	добре
74 ... 81	C	
64 ... 73	D	задовільно
60 ... 63	E	
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Ісаченко В.П. Теплопередача. Підручник для внз. – К.: Вища шк., 1995. – 488 с.
2. Григор'єв В.А., Крохін Ю.И. Тепло- і масообмінні апарати кріогенної техніки. – К.: Вища шк., 1992. 312 с.
3. Бакластов А.М. Промислові тепломасообмінні апарати і установки. – К: Техніка, 1996.– 325с.
4. Фраас А., Оцисик М. Розрахунок і конструювання теплообмінників.- К: Наукова думка, 1971.- 358с.
5. Кулинченко В.Р. Довідник за теплообмінними розрахунками.– К: Техніка, 1999.– 165 с.
6. Довідник по теплообмінникам: В 2-х т. Т.2/ Пер. с англ. Под ред. Мартиненко К: Наукова думка, 1997. – 352 с.
7. Хаузен Х. Теплопередача при противотокі, при прямотокі і перехресному тоці. Пер. с нім.– К: Наукова думка, 1981. – 384 с.
8. Кутателадзе С.С. Теплопередача і гідродинамічний опір : Довідковий посібник. – К: Наукова думка, 1992. – 367 с.
9. Данілова Г.Н., Богданов С.Н., Іванов О.П., Крамської Е.І. Теплообмінні апарати холодильних установок.– К.: Машинобудування, 1986. – 303 с.
10. Архаров А.М., Марфеніна І.В., Микулін Е.І. Кріогенні системи. Основи теорії і розрахунку. К: Машинобудування. 1998. 464 с.
11. Пластинчаті теплообмінники в промисловості: Навчальний посібник / Під заг. ред. Л.Л. Товажнянського.– Харків: НТУ «ХПІ», 2004.– 232 с.
12. Мамченко В.О., Малишев А.А. Пластинчаті теплообмінники в низькотемпературній техніці і біотехнологічних процесах : Навчальний посібник. - К: Техніка, 2014. – 116 с.
13. Барановський Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецький А.Р. Пластинчаті і спіральні теплообмінники. - К.: Машинобудування, 1993.
14. Юшко С.В., Борщ О.Е., Юшко М.А. Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання по дисципліні "Тепломасообмін" із застосуванням пакету MathCAD.- Харков: НТУ «ХПІ», 2007.- 52с
http://web.kpi.kharkov.ua/krio/wp-content/uploads/sites/41/2013/03/ТМО.MathCAD_Ushko.pdf
15. Конспект лекцій
16. Варіанти індивідуальних домашніх завдань
17. Перелік питань до екзамену
18. Підручники, задачники

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література

1	Данілова Г.Н., Богданов С.Н., Іванов О.П., Крамської Е.І. Теплообмінні апарати холодильних установок. – К.: Машинобудування, 1986. – 303 с.
2	Григор'єв В.А., Крохін Ю.И. Тепло- і масообмінні апарати кріогенної техніки. – К.: Вища шк., 1992. 312 с.
3	Бакластов А.М. Промислові тепломасообмінні апарати і установки. – К.: Техніка, 1996.– 325с.
4	Фраас А., Оцисик М. Розрахунок і конструювання теплообмінників.- К.: Наукова думка, 1971.- 358с.
5	Архаров А.М., Беяков В.П. і др. Кріогенні системи. Т.2. Основи проектування апаратів, установок і систем. – К.: Машинобудування, 1999. – 719 с.
6	Архаров А.М., Марфеніна І.В., Микулін Е.І. Кріогенні системи. Основи теорії і розрахунку. К: Машинобудування. 1998. 464 с.
7	Мамченко В.О., Малишев А.А. Пластинчаті теплообмінники в низькотемпературній техніці і біотехнологічних процесах: Навчальний посібник. - К: Техніка, 2014. – 116 с.
8	Барановський Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецький А.Р. Пластинчаті і спіральні теплообмінники. - К.: Машинобудування, 1993.

Допоміжна література

9	Ісаченко В.П. Теплопередача. Підручник для внз. – К.: Вища шк., 1995. – 488 с.
10	Теоретичні основи хладотехніки. Тепломасообмін. - Под ред. Е.І.Гуйко. К.: Машинобудування, 1996 г.- 320 с.
11	Міхеєв М.А., Міхеєва І.М. Основи теплопередачі.- К.: Вища шк., 1997.- 342 с.
12	Довідник по фізико- технічним основам кріогеніки. /Под ред. М.П.Малкова. - К: Техніка, 1985.- 430 с.
13	Кулинченко В.Р. Довідник за теплообмінними розрахунками.– К: Техніка, 1999.–165 с.
14	Ідельчик Н.К. Довідник по гідравлічних опорах.– К.: Машинобудування, 1992.–672с
15	Довідник по теплообмінникам: В 2-х т. Т.2/ Пер. с англ. Под ред. Мартиненко К: Наукова думка, 1997. – 352 с.
16	Кутателадзе С.С. Теплопередача і гідродинамічний опір : Довідковий посібник. – К: Наукова думка, 1992. – 367 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

(перелік інформаційних ресурсів)