



**Технологічне обладнання захисту довкілля.
Основи теплопередачі. Теплообмінне обладнання.
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>101 Екологія</i>
Освітня програма	<i>Екологічна безпека</i>
Статус дисципліни	<i>Основна</i>
Форма навчання	<i>Дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доцент кафедри МАХНВ, канд. техн. наук, Дуда Богдан Іванович, bduda677@gmail.com</i> Лабораторні: <i>старший викладач МАХНВ, канд. техн. наук, Любека Андрій Миколайович, andrelyubeka@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://ci.kpi.ua/uk/syllabuses-bac-disciplines/#place</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Ефективну технологічну систему екологічної безпеки не можна розробити, не знаючи процесів, апаратів та параметрів об'єктів захисту довкілля. Такі проблеми вирішує дана навчальна дисципліна, яка відіграє суттєву роль у підготовці бакалаврів на реальних промислових об'єктах.

Вивчення дисципліни сприяє розвитку фахового мислення і використання методів і знань з даної дисципліни при оволодінні фаховими дисциплінами освітньої програми «Екологічна безпека».

***Метою** дисципліни є формування у здобувачів здатності розуміти технічні та функціональні характеристики об'єктів хімічних та нафтохімічних виробництв і використовувати набуті знання*

та вміння у вирішенні інженерних проблем, пов'язаних з розробкою, проектуванням та модернізацією обладнання захисту довкілля.

Предметом дисципліни є вивчення теоретичних основ, конструкцій і основних параметрів регулюючих процесів обладнання захисту довкілля, способів визначення кінетичних і динамічних характеристик обладнання, методики застосування фундаментальних знань теплових процесів при розв'язанні практичних завдань.

Програмними результатами навчання є:

- 1) Знання і уміння застосувати засади теплообміну в розробках систем автоматизації.
- 2) Знання конструкцій і принципів роботи обладнання хімічних виробництв як об'єктів захисту довкілля.
- 3) Уміння розраховувати і вибирати регулюючі теплові процеси і обладнання.
- 4) Уміння пояснити вплив точності теплових розрахунків на якість продукції і затрати енергії.

Необхідні навички:

- 1) Знання фахових основ процесів та апаратів хімічної технології.
- 2) Знання програмних продуктів: Microsoft Office, AutoCAD, Матлаб.

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

Дисципліна відноситься до циклу основних і базується на знаннях таких дисциплін: «Фізика», «Математика», «Термодинаміка», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Процеси та апарати хімічної технології».

Теоретичні знання та практичні навички, отримані під час вивчення даної дисципліни, можна використати під час опанування дисциплін освітньої програми «Екологічна безпека».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ. Теоретичні основи технології захисту навколишнього середовища

Розділ 2. Теплопровідність

Розділ 3. Конвективний теплообмін

Розділ 4.. Променевий теплообмін

Розділ 5. Теплообмінне обладнання

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література, яку треба використовувати для опанування дисципліни, опрацьовується самостійно для підготовки до лабораторних занять в умовах дистанційного навчання. Для виконання модульних контрольних робіт, звітів за лабораторними заняттями, підготовки доповідей, презентацій, пропонується використовувати додаткову літературу та інтернет-ресурси.

4.1. Базова література:

1. Герасимов О.І. Теоретичні основи технології захисту навколишнього середовища: навчальний посіб. / Одеськ. держ. екол. ун-т. Одеса: ТЕС – 2018. 228 с.
2. Носачова Ю.В., Іваненко О.І., Вембер В.В. Екологічна безпека інженерної діяльності: Підручник. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. – 212 с.
3. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології 1: підручник /Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев – К. :НТУУ „КПІ”, 2011 – Ч.1 – 300 с.
4. Процеси та апарати хімічних виробництв: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Б.І. Дуда, А.Р. Степанюк, С.В. Гулієнко, Р.В. Кичак, Я.Г. Гоцький – Електронні текстові данні (1 файл: 2,62 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 116 с.

5. *Процеси та обладнання хімічної технології-2. Теплові процеси: лабораторний практикум, навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А. М. Любека – Електронні текстові данні (1 файл: 1,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 65 с.*

4.2. Додаткова література

6. *Energy Freedom: Global Analysis. Zgurovsky M, Kravchenko M, Pyshnograiev I, Trofymenko O. Energy Freedom: Global Analysis. Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute. Kyiv. 2022.*
7. *Оверченко Т.А., Іваненко О.І., Вембер В.В. Стратегія охорони навколишнього середовища// Біла Церква: Видав. О.В. Пшонківський 2019. – 132 с.*
8. *Іваненко О.І., Носачова Ю.В. Промислова екологія: підручник / О.І. Іваненко, Ю.В. Носачова. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. – 294 с.*
9. *Теплові процеси та апарати хімічної технології: Курс лекцій [Електронний ресурс] : для студентів «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини», освітня програма "Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини" /КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Б.І. Дуда, А.Р. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,28 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 84 с.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних глибоких знань з дисципліни, рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі роботи критичної творчої роботи спільно з викладачем;
- виховання у здобувачів професійних якостей та розвиток у них самостійного творчого мислення;
- усвідомлення методів обробки інформаційних ресурсів та визначення основних напрямків щодо вирішення конкретних науково-технічних задач;
- викладання матеріалів досліджень чіткою та якісною мовою з дотримання структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх наведених термінів і понять доступних для сприйняття аудиторією

Календарно-тематичний план

<i>Тиждень</i>	<i>Зміст навчальної роботи</i>	<i>К-ть годин за навчальним планом</i>
Тема 1. Вступ. Теоретичні основи технології захисту навколишнього середовища		
1 Тиждень	Лекція 1. Вступ. Загальна схема забруднення та проблеми захисту довкілля	2

	Назва лабораторної роботи: Вступне заняття до теоретичних основ технології захисту навколишнього середовища	2
2 Тиждень	Лекція 2. Джерела, види та нормування забруднення довкілля. Джерела теплової енергії. Застосування альтернативних джерел теплової енергії	2
	Назва лабораторного заняття: Альтернативні джерела теплової енергії	2
3 Тиждень	Лекція 3. Основи теорії теплообміну. Основні поняття та визначення способів передачі теплоти	2
	Назва лабораторного заняття: Основні поняття та визначення способів передачі теплоти	2
4 Тиждень	Лекція 4. Кількісні характеристики перенесення теплоти	2
	Назва лабораторної роботи: Дослідження стаціонарної теплопровідності через циліндричну стінку	2
Тема 2. Теплопровідність		
5 Тиждень	Лекція 5. Основний закон теплопровідності. Коефіцієнт теплопровідності	2
	Назва лабораторної роботи: Дослідження стаціонарної теплопровідності через циліндричну стінку	2
6 Тиждень	Лекція 6. Перенесення теплоти теплопровідністю при стаціонарному режимі через однорідну плитку стінку та багат шарову стінку. Контактний термічний опір	2
	Назва лабораторної роботи: Дослідження стаціонарної теплопровідності через циліндричну стінку	2
7 Тиждень	Лекція 7. Перенесення теплоти теплопровідністю при стаціонарному режимі Через циліндричну, кульову стінку та тіла складної конфігурації (додати лабораторну роботу)	2
	Захист лабораторної роботи: Дослідження стаціонарної теплопровідності через циліндричну стінку	2
Тема 3. Конвективний теплообмін.		

8 Тиждень	Лекція 8. Основний закон конвективного теплообміну. Природній і вимушений рух рідини. Динамічний та кінематичний Коефіцієнт в'язкості рідини	2
	Назва лабораторної роботи: Дослідження тепловіддачі за умов теплової конвекції	2
9 Тиждень	Лекція 9. Гідродинамічний та тепловий пограничний шар.	2
	Назва лабораторної роботи: Дослідження тепловіддачі за умов теплової конвекції	2
10 Тиждень	Лекція 10. Поняття про метод аналізу розмірностей і теорії подібності. Безрозмірні параметри (Nu , Re , Pr , Pe , Gr)	2
	Захист лабораторної роботи: Дослідження тепловіддачі за умов теплової конвекції	2
11 Тиждень	Лекція 11. Розрахункові залежності для визначення коефіцієнтів тепловіддачі: при вимушеному русі теплоносія, в умовах природньої конвекції, при зміні агрегатного стану речовини	2
	Назва лабораторної роботи: Дослідження тепловіддачі при кипінні та конденсації	2
Тема 4. Променевий теплообмін		
12 Тиждень	Лекція 12. Теплове випромінювання як процес поширення електромагнітних коливань. Класифікація випромінювання по довжинах хвиль.	2
	Назва лабораторної роботи: Дослідження тепловіддачі при кипінні та конденсації	2
13 Тиждень	Лекція 13. Закон Стефана-Больцмана для розрахунку поверхневої густини потоку інтегрального випромінювання абсолютно чорного та реального тіла	2
	Захист звіту по лабораторній роботі: Дослідження тепловіддачі при кипінні та конденсації	2
14 Тиждень	Лекція 14. Теплопередача між двома рідинами через розділяючі їх стінку. Інтенсифікація теплопередачі	2
	Назва лабораторної роботи: Дослідження процесу теплопередачі в теплообміннику з U-подібними трубами.	2
Тема 5. Теплообмінне обладнання		
15 Тиждень	Лекція 15. Теплообмінні апарати. Класифікація теплообмінників. Основні показники конструкцій теплообмінних апаратів	2

	Лабораторна робота: Дослідження процесу теплопередачі в теплообміннику з U-подібними трубами.	2
16 Тиждень	Лекція 16. Конструкції рекуперативних та регенеративних теплообмінних апаратів	2
16	Захист звіту по лабораторній роботі: Дослідження процесу теплопередачі в теплообміннику з U-подібними трубами.	2
17 Тиждень	Лекція 17. Конструкції змішувальних та барботажних теплообмінних апаратів	2
17	Захист звітів по лабораторних роботах	2
18 Тиждень	Залік	4

6. Самостійна робота студента

Головне завдання самостійної роботи полягає у поглибленому вивченні дисципліни.

Основною формою вивчення дисципліни студентами є самостійна робота з рекомендованою навчальною й навчально-методичною літературою. Метою цієї роботи є набуття теоретичних знань з дисципліни, формування вмінь і навичок в проектуванні технологічного обладнання.

7. Лекції

Лекції мають за мету узагальнити й систематизувати знання, набуті студентами під час самостійної роботи.

8. Лабораторні заняття

Лабораторні заняття призначені для більш детального ознайомлення студентів з окремими темами та для кращого засвоєння матеріалу, який викладається на лекціях.

При вивченні курсу студенти виконують чотири лабораторних роботи, метою яких є вивчення конструкцій обладнання та основ його розрахунку. Завдання на лабораторні роботи видаються за тематикою, приведену в додатку А.

Результат роботи оформлюється у вигляді звіту, до якого входить формулювання мети роботи, опис конструктивних особливостей апарату, параметричні конструктивні розрахунки та ескізна схема апарату. Обсяг звіту – 5-7 сторінок формату паперу А4 на кожну лабораторну роботу.

9. Контрольні роботи

Планується проведення двох модульних контрольних робіт.

Основна ціль контрольної роботи полягає у перевірці рівня засвоєння матеріалу, який викладається, що дозволить спростити засвоєння матеріалу студентами та забезпечити більш повний контроль з боку викладача за виконанням навчальної програми студентами.

Орієнтовні питання винесено до Додатку Б.

10. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Студент повинен бути присутнім на всіх лекціях та лабораторних заняттях за винятком підтверджених поважних причин.

Проведення модульних контрольних робіт планується на восьмому та чотирнадцятому тижнях навчального семестру.

Захист лабораторних робіт проводиться персонально відповідно до встановлених дедлайнів з урахуванням заохочувальних та штрафних балів

Студенти мають право оскаржити бали за завдання, але обов'язково аргументовано, пояснивши, із яким критерієм вони не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Деталізовані критерії оцінювання результатів навчання студентів визначені у положенні про РСО дисципліни.

ПОЛІТИКА УНІВЕРСИТЕТУ

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

11. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РР	Семестровий контроль
6	4	120	18	-	18	-	2	-	залік

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

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

- 1) виконання та захист 4-х лабораторних робіт;
- 2) написання 2-х модульних контрольних робіт;
- 3) відповідь на заліку.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на лабораторних заняттях

Ваговий бал - 5. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях дорівнює: 5 балів x 4 = 20 балів.

Критерії оцінювання:

бал 5 виставляється за умови відмінної відповіді.

бал 3-4 виставляється за умови достатньої відповіді.

бал 0-2 виставляється за умови незадовільної відповіді.

2. Модульний контроль

Ваговий бал – 20.

бал 20 виставляється за умови відповіді щонайменше на 95 % питань;

бал 13-19 виставляється за умови відповіді на від 75 до 95 % питань;

бал 8-12 виставляється за умови відповіді на від 50 до 75 % питань;

бал 3-7 виставляється за умови відповіді на від 30 до 50 % питань;

бал 0-2 виставляється за умови відповіді менше, ніж на 30 % питань.

3. Штрафні та заохочувальні бали за:

- несвоєчасне (пізніше, ніж на контрольному занятті) здача відповідей на контрольні запитання - 2 бали.

- несвоєчасне (пізніше, ніж на контрольному занятті) здача роботи на лабораторному занятті - 2 бали;

- несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання лабораторної роботи - 5 балів;

- заохочувальні бали: не можуть перевищувати 20 балів мах (проставляються за участь у конференціях, написанні наукових статей тощо, участь у науково-дослідній роботі кафедри, виконанні самостійних науково-освітніх завдань, підготовці стартапів тощо (до 5 балів тах за кожну складову).виконання завдань із вдосконалення дидактичних матеріалів з кредитного модуля - до 10 балів.

Розмір шкали рейтингу RD = R_{пр}+R_{мкр}+R_{рр}=32+12+16 = 60 балів Розмір залікової шкали R_e= 40 балів.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент повинен мати не менше ніж 8 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів, «ідеальний» студент має отримати 17 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент повинен мати не менше ніж 22 бали (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів «ідеальний» студент має отримати 45 балів).

Умови допуску до заліку:

зарахування всіх лабораторних робіт,

позитивний результат модульних робіт, а також стартовий рейтинг R_c > 35 балів (не менше 40 % від R_c).

Критерії оцінювання заліку: *екзаменаційний білет містить 4 питання, максимальна кількість балів по питаннях розподіляється порівну.*

Рівень відповіді	Кількість балів за відповідь на питання			
	Питання 1	Питання 2	Питання 3	Питання 4
Відмінний	9-10	9-10	9-10	9-10
Дуже добрий	7-8	9-10	9-10	9-10
Добрий	5-6	6-8	6-8	6-8
Задовільний	3-4	3-5	3-5	3-5
Достатній	1-2	1-2	1-2	1-2
Незадовільний	0	0	0	0

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 (поточний контроль менше 35 балів)	Не допущено

11.Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Під час навчання студенти отримують нові знання, уміння і навички, в основному при проведенні конкретних лекцій та лабораторних занять під керівництвом провідних НПП кафедри. Досить часто під час навчання студенти, з метою отримання заохочувальних балів залучаються для надання допомоги в розробці навчально-методичної документації (публікації посібників, ліцензування, розробка методичної документації тощо). При цьому характер такої допомоги повинен суворо відповідати профілю дисципліни і по тривалості не повинен заважати виконанню плану навчання студента.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв, кандидат технічних наук, доцент, Дуда Богдан Іванович.

Ухвалено: кафедрою машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв (протокол №19 від 17.05.2023 р.)

Погоджено: методичною комісією інженерно-хімічного факультету (протокол № 10 від 26.05.2023 р.)

Завдання для лабораторних робіт

З метою засвоєння теоретичних знань у практичному відпрацюванні, робочою програмою навчальної дисципліни передбачено проведення чотирьох лабораторних робіт: Дослідження стаціонарної теплопровідності через циліндричну стінку, Дослідження тепловіддачі за умов теплової конвекції, Дослідження тепловіддачі при кипінні та конденсації, Дослідження процесу теплопередачі в теплообміннику з u-подібними трубами. До кожної лабораторної роботи наводяться теоретичні відомості, опис експериментальної установки, методика проведення експерименту, відомості про обробку результатів експериментів, контрольні запитання та перелік посилань.

Контрольні запитання:

До 1-ї лабораторної роботи - Дослідження стаціонарної теплопровідності через циліндричну стінку

1. Поясніть механізм перенесення теплоти теплопровідністю.
2. Що таке стаціонарне і нестаціонарне температурне поле? Запишіть математичний вираз для температурного поля в загальному вигляді.
3. Що таке ізотермічні поверхні і температурний градієнт?
4. Як визначити тепловий потік через плоску та циліндричну стінки в процесі теплопровідності?
5. Дайте означення коефіцієнта теплопровідності. Поясніть його фізичний зміст та запишіть розмірність.

До 2-ї лабораторної роботи - Дослідження тепловіддачі за умов теплової конвекції

1. Що називають конвективним теплообміном?
2. Що характеризує коефіцієнт тепловіддачі? Від яких величин він залежить?
3. Запишіть та поясніть суть закону Ньютона-Ріхмана.
4. Що розуміють під тепловим та гідродинамічним приграничним шаром?
5. Поясніть характер обтікання вертикальної поверхні вільним потоком рідини.
6. Які фактори впливають на інтенсивність теплообміну за умови вільної конвекції?
7. Назвіть критерії подібності, які характеризують тепловіддачу за умови вільної конвекції. Який їх фізичний зміст?
8. Поясніть різницю між процесами вільної конвекції в обмеженому і необмеженому просторах;
9. Поясніть, яким чином визначається тепловий потік, що проходить через щілини?
10. Запишіть в загальному вигляді критеріальне рівняння для вільного руху рідини.
11. Як вибирається визначальний розмір для розрахунків інтенсивності теплообміну за умови вільної конвекції?

До 3-ї лабораторної роботи - Дослідження тепловіддачі при кипінні та конденсації

1. Які існують способи переносу теплоти?
2. Що таке теплопередача?
3. Що таке тепловіддача?
4. Дайте визначення щільності теплового потоку.
5. Напишіть рівняння Ньютона-Ріхмана.
6. Напишіть основне рівняння теплопередачі.
7. Що таке конвективний теплообмін?
8. Які особливості теплообміну при зміні агрегатного стану теплоносія?

9. Який процес має назву кипіння?
10. Як підвищити інтенсивність пароутворення?
11. Що таке конденсація?

До 4-ї лабораторної роботи - Дослідження процесу теплопередачі в теплообміннику з U-подібними трубами.

1. Що таке теплопередача? Як можна інтенсифікувати процес теплопередачі в розглянутому теплообмінному апараті?
2. Який з коефіцієнтів тепловіддачі лімітує процес теплопередачі в досліджуваному апараті? Чому?
3. Які припущення були зроблені при визначенні дійсного й розрахункового коефіцієнтів теплопередачі?
4. За яких умов повинен відбуватися процес конденсації? Чому під час конденсації температура пари не змінюється?
5. Як впливає наявність газу в парогазовій суміші на тепловіддачу при конденсації?
6. За допомогою яких приладів можна визначити абсолютний тиск водяної пари.
7. Що таке критеріальні рівняння? З якою метою їх застосовують?
8. Чому коефіцієнт тепловіддачі при конденсації має уточнення «середній»?
9. З якою метою теплообмінні труби в даному апараті виконано U- подібними? Наведіть інші шляхи досягнення цієї мети. Проаналізуйте переваги й недоліки теплообмінних апаратів із U - подібними трубами. Чому на корпусі даного теплообмінного апарата не передбачено лінзового компенсатора?
10. Чому теплообмінні труби досліджуваного апарата виготовлено з міді? Як вплине на теплопередачу заміна мідних труб сталевими?
11. Обґрунтуйте вибір місця й способу подавання гріючої пари в теплообмінний апарат (під верхньою кришкою двома зустрічними потоками).
12. Який з об'єктів дослідної установки має теплову ізоляцію? Яку роль відіграє тепла ізоляція? Поясніть механізм її дії.
13. Що таке конденсатовідвідник і навіщо він потрібен? Навіщо в процесі роботи необхідно зливати надлишок утворюваного конденсату?
14. Що таке запобіжний клапан, де він встановлюється та яким чином працює

Додаток Б

Питання до модульної контролної роботи

1. Умови однозначності і їх види.
2. Виведіть рівняння для розподілу температур в плоскій стінці.
3. Виведіть рівняння для температурного поля в циліндричній стінці.
4. Виведіть рівняння для розподілу температур в багат шаровій стінці при граничних умовах 1-го роду.
5. Виведіть і проаналізуйте основне рівняння теплопередачі.
6. Від яких факторів залежить випромінююча здатність тіла.
7. Що таке температурний градієнт, ізотермічна поверхня і температурне поле та які їх властивості? Приведіть основні закони теплового випромінювання.
8. Як визначити кількість теплоти, що передається від більш нагрітого тіла до менш нагрітого.
9. Приведіть механізм конвективного перенесення теплоти.
10. Приведіть систему рівнянь, яка описує конвективне перенесення теплоти.

11. Суть та основні теореми методу теорії подібності.
12. Як перетворюють диференціальні рівняння, які описують той чи інший процес в критеріальні рівняння? Приведіть узагальнене критеріальне рівняння.
13. Назвіть основні критерії гідродинамічної та теплової подібності. Вкажіть їх основний фізичний зміст.
14. Чим відрізняються рівняння для визначення коефіцієнту тепловіддачі при вимушеній та вільній конвекції.
15. Від чого залежить інтенсивність тепловіддачі і шляхи її інтенсифікації.
16. Приведіть алгоритм розрахунку коефіцієнта тепловіддачі.
17. Проаналізуйте рівняння для середньої різниці температур між теплоносіями при прямотечії та протитечії.
18. Які вимоги ставлять до теплоносіїв.
19. Який процес називають теплопередачою.
20. Яким рівнянням визначається зв'язок між кількістю переданої теплоти і розмірами теплообмінної апаратури.
21. Яке фізичне значення має коефіцієнт теплопередачі.
22. Який процес називають тепловіддачею.
23. Які параметри характеризують тепловіддачу при природній і вимушеній конвекції.
24. Чому в розрахунковій практиці користуються критеріальними рівняннями конвективного теплообміну.
25. Які критерії теплової і гідродинамічної подібності входять у критеріальні рівняння конвективного теплообміну.
26. У чому полягають особливості тепловіддачі в разі змінення агрегатного стану? Яким критерієм враховують ці особливості? У чому фізична суть цього критерію.
27. Який існує зв'язок між коефіцієнтом теплопередачі та коефіцієнтами тепловіддачі.
28. Із яких величин складається загальний термічний опір теплопередачі.
29. Що є рушійною силою теплообмінних процесів.
30. Чому в розрахунках теплообмінних процесів використовують середню рушійну. Як її визначають.
31. Якими способами можна інтенсифікувати процес теплопередачі.
32. Які методи нагрівання застосовують у хімічних виробництвах.
33. З якого рівняння визначають витрату теплоносія для нагрівання.
34. Які позитивні якості та недоліки при охолодженні гарячих теплоносіїв мають вода і повітря.
35. Класифікація теплообмінних апаратів.
36. Які будова і принцип дії одноходового кожухотрубного теплообмінника.
37. Завдяки чому інтенсифікується теплообмін у багатоходових кожухотрубних теплообмінниках.
38. У яких випадках застосовують температурні компенсатори у кожухотрубних теплообмінниках.
39. Коли застосовують теплообмінники типу «труба в трубі». Які їхні переваги та недоліки порівняно з кожухотрубними теплообмінниками.
40. Як побудований спіральний теплообмінник. Які він має недоліки
41. В яких хімічних виробництвах застосовують пластинчасті теплообмінники. Які їх позитивні якості та недоліки.
42. Коли застосовують теплообмінники з ребристими поверхнями теплообміну.
43. Дайте порівняльну характеристику теплообмінників різних типів.
44. Наведіть схему проектного розрахунку теплообмінників. Які величини мають бути відомі при проектних розрахунках теплообмінників?

45. У чому полягає оптимальний розрахунок теплообмінників.
46. Чим відрізняється перевірний розрахунок теплообмінників від проектного.
47. Що називають конденсацією.
48. Яке призначення процесу конденсації в хімічних виробництвах.
49. За якими ознаками класифікують конденсатори?
50. У чому полягає особливість розрахунку поверхневих конденсаторів?
51. Від чого залежить ефективність роботи конденсаторів змішування?
52. Приведіть основні вимоги до теплоносіїв
53. Які методи нагрівання застосовують у хімічних виробництвах?
54. З якого рівняння визначають витрату теплоносія для нагрівання?
55. У яких випадках можна застосовувати для нагрівання «гостру» водяну пару?
56. У яких випадках застосовують нагрівання топковими газами? Які недоліки характерні для нагрівання топковими газами?
57. Які способи нагрівання електричним струмом застосовують у хімічних виробництвах?
58. Які позитивні якості та недоліки при охолодженні гарячих теплоносіїв мають вода і повітря? Як визначити витрату охолоджувальної води в теплообміннику?
59. Як класифікують теплообмінні апарати?
60. Які будова і принцип дії одноходового кожухотрубного теплообмінника?
61. Завдяки чому інтенсифікується теплообмін у багатоходових кожухотрубних теплообмінниках?
62. У яких випадках застосовують температурні компенсатори у кожухотрубних теплообмінниках?
63. Коли застосовують теплообмінники типу «труба в трубі»? Які їхні переваги та недоліки порівняно з кожухотрубними теплообмінниками?
64. Як побудований спіральний теплообмінник? Які він має недоліки?
65. В яких хімічних виробництвах застосовують пластинчасті теплообмінники. Які їх позитивні якості та недоліки?
66. Коли застосовують теплообмінники з ребристими поверхнями теплообміну? Дайте порівняльну характеристику теплообмінників різних типів.
67. Наведіть схему проектного розрахунку теплообмінників. Які величини мають бути відомі при проектних розрахунках теплообмінників.
68. Навіщо виконують гідравлічний розрахунок теплообмінників?
69. У чому полягає оптимальний розрахунок теплообмінників?
70. Чим відрізняється перевірний розрахунок теплообмінників від проектного.
71. Поясніть суть процесу випарювання.
72. Які розчини концентрують випарюванням.
73. Якими методами в хімічній промисловості здійснюють процес випарювання .