



ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>133 Галузеве машинобудування</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., Гулієнко Сергій Валерійович, sergiigulienko@gmail.com , +38504488173 Практичні: науковий ступінь, вчене звання, ПІБ, контактні дані Лабораторні: не передбачено навчальним планом
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Теплообмінні апарати та інші види теплообмінного обладнання є обов'язковою складовою переважної більшості технологічних ліній в хімічній промисловості та суміжних галузях, а в багатьох випадках робота теплообмінного обладнання суттєво впливає на ефективність роботи всієї установки в цілому. Тому забезпечення надійності роботи такого обладнання на стадії проектування є важливою задачею галузі.

Теплообмінне обладнання застосовується для нагрівання, охолодження, конденсації, випаровування, та випарювання різних рідких, газоподібних та газорідних середовищ.

Передача теплоти в теплообмінних апаратах здійснюється від середовища, що має вищу температуру, до середовища, що має нижчу температуру. Рушійною силою теплообміну є різниця температур середовищ. Теплообмін здійснюється за рахунок конвекції, теплопровідності та теплового випромінювання. В більшості випадків середовища в теплообмінних апаратах не змішуються між собою і відділені один від одного листом чи стінкою труби, їх рух може здійснюватися паралельно, протитком чи змішаним током.

Проектування теплообмінних апаратів включає в себе проектний розрахунок та виконання креслень чи електронних моделей.

Метою проектного розрахунку теплообмінного апарата є визначення таких його геометричних розмірів, при яких в ньому найкращим чином (зокрема з найменшими витратами

на виготовлення та експлуатацію) здійснюється передача заданого теплового потоку при фіксованих технічних завданнях умовам роботи. Першою задачею теплового розрахунку є визначення форми та площі поверхні теплообміну. Вирішення цієї задачі складає зміст теплового розрахунку. Додаткові розрахунки включають конструктивний та гідравлічний розрахунок, а також розрахунки основних деталей та вузлів на міцність та стійкість.

Виконання графічної частини передбачає конструктивну проробку основних оригінальних вузлів та використання стандартизованих елементів.

Для підготовки фахівців, здатних вирішувати такі задачі, важливими є не лише глибоке розуміння особливостей конструкцій теплообмінних апаратів та їх елементів, а також досвід роботи з сучасними CAD-системами, які дозволяють збільшити ефективність роботи конструктора.

Предмет навчальної дисципліни «**Проектування теплообмінного обладнання**» - принципи та методи проектування теплообмінного обладнання з використанням сучасних CAD-систем.

Мета навчальної дисципліни «**Проектування теплообмінного обладнання**» полягає у формуванні у студентів комплексу знань, а саме:

Знати типові конструкції елементів, деталей і вузлів теплообмінних апаратів, їх класифікацію, області застосування, і вміти здійснювати їх обґрунтований вибір.

- Розуміти методи та мати навички конструювання типового теплообмінного обладнання, його складових частин та елементів відповідно до поставленого завдання.

- Знати системи автоматизованого інжинірингу і спеціалізоване програмне забезпечення, зокрема CAD/CAM/CAE-системи, для розробки і проектування теплообмінного обладнання

Відповідно до мети підготовка бакалавра за даною спеціальністю вимагає посилення сформованих у студентів компетентностей:

- Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення завдань в хімічній інженерії

- Здатність розробляти плани і проекти теплообмінного обладнання, спрямовані на досягнення мети з урахуванням наявних обмежень, розв'язувати задачі підвищення якості продукції та її контролю.

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

Дисципліна «**Проектування теплообмінного обладнання**» є вибірковою дисципліною.

Вимоги до початку вивчення включають базові знання, що отримуються протягом перших двох курсів підготовки, зокрема знання з дисциплін: «**Основи хімічної інженерії**», «**Процеси перенесення у суцільних середовищах**».

Вивчення дисципліни буде корисним при засвоєнні матеріалу таких дисциплін як «**Процеси та обладнання хімічної технології**», «**Дипломне проектування**», а також сприятиме кращому засвоєнню матеріалів вибіркової дисципліни, таких як «**Спеціальні методи термічної підготовки**», «**Вибір та обґрунтування теплоізоляції машин та апаратів**», «**Аналіз роботи теплових об'єктів**», «**Плівкові процеси та обладнання**».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи проектування теплообмінного обладнання.

Тема 1.1. Мета та основні принципи проектування теплообмінного обладнання

Призначення та класифікація теплообмінного обладнання. Загальні підходи до проектування теплообмінного обладнання.

Розділ 2. Проектування основних конструкцій теплообмінних апаратів

Тема 2.1. Проектування трубних теплообмінників

Особливості розрахунку теплообмінників типу «труба в трубі». Основні конструкції теплообмінників типу «труба в трубі». Особливості розрахунків кожухотрубних теплообмінників. Особливості конструкцій кожухотрубних теплообмінників. Особливості кожухотрубних теплообмінників з компенсаторами.

Тема 2.2 Пластинчасті теплообмінники

Особливості розрахунків пластинчатих теплообмінників. Особливості конструкцій пластинчатих теплообмінників. Особливості конструювання пластинчатих теплообмінників.

Тема 2.3. Теплообмінники інших типів

Особливості розрахунків спіральних та змішувикових теплообмінників. Особливості конструкцій спіральних та змішувикових теплообмінників.

Розділ 3. Теплообмін з фазовими переходами та проектування обладнання для його реалізації.

Тема 3.1. Проектування конденсаторів

Особливості розрахунку та конструювання конденсаторів.

Тема 3.2. Проектування випарників, кип'ятильників та ребойлерів

Особливості розрахунку та конструювання апаратів для випаровування. Конструкцій кип'ятильників з паровим простором.

Розділ 4. Специфічне теплообмінне обладнання.

Тема 4.1. Апарати повітряного охолодження

Особливості розрахунку та конструювання апаратів повітряного охолодження.

Тема 4.2. Процеси випарювання та випарні апарати

Особливості розрахунку та конструювання випарних апаратів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Основні залежності та приклади розрахунків теплообмінних апаратів. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність “Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів”/ НТУУ „КПІ”; уклад. Л.Г. Воронін, А.Р. Степанюк, Л.І. Ружинська,. – Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. – 68 с. (Повний текст, pdf, 2.6 Mb)
2. Системи автоматизованого інжинірингу. Конспект лекцій з кредитного модуля [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітня програма «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Гулієнко, С. С. Гайдай, Я. В. Гробовенко. – Електронні текстові данні (1 файл: 26,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 352 с.
3. Perry's Chemical Engineers' Handbook. New York: McGraw-Hill, 1997.
4. Thulukkanam K. (2013) Heat Exchanger Design Handbook. 2nd Edition. London. CRC Press

Додаткова література:

1. Мартыненко О.Г. Справочник по теплообменникам. Том 1 - М.: Энергоатомиздат, 1987, С. 560.
2. Мартыненко О.Г. Справочник по теплообменникам. Том 2. Энергоатомиздат, 1987. — 352 с.
3. Каталог - Пластинчатые теплообменники. Составлен инженером ООО «Данфосс» А.В. Тищенко под общей редакцией В.В. Невского. — М.: ООО «Данфосс», 2012. — 130 с.
4. Alfa Laval. Пластинчатые теплообменники холодильных систем. справочник (4-е изд.) - Италия: Альфа Лаваль, 2001. - 168 с.
5. Бенсман Н.Н. (ред.) Стальные спиральные теплообменники. Каталог. М.:ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1976. — 25 с.
6. Фраас А., Оцисик М. Расчет и конструирование теплообменников. - М.: Атомиздат, 1971. - 328 с.
7. Маньковский О.Н., Толчинский А.Р., Александров М.В. Теплообменная аппаратура химических производств. Инженерные методы расчета. — Л.: Химия, 1976. — 368 с.
8. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Том 2. — 2-е изд., перераб. и доп. - Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. — 1030 с.
9. *Frontiers in Heat and Mass Transfer.* Доступ: http://thermalfluidscentral.org/journals/index.php/Heat_Mass_Transfer
10. *Journal of Thermal Engineering.* Доступ: <https://eds.yildiz.edu.tr/journal-of-thermal-engineering>
11. *International Journal of Heat and Mass Transfer* Доступ: <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-heat-and-mass-transfer>
12. *International Journal of Thermal Sciences* Доступ: <https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-thermal-sciences>
13. *Applied Thermal Engineering* Доступ: <https://www.sciencedirect.com/journal/applied-thermal-engineering>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «**Проектування теплообмінного обладнання**», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області проектування теплообмінних апаратів;
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів досліджень
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<p>Лекція 1. Призначення теплообмінних апаратів. Класифікація теплообмінного обладнання. Основи теорії теплообміну. Стандартні елементи конструкцій теплообмінних апаратів</p> <p>Література [1-4]</p> <p>Завдання до СРС: Умови застосування критеріальних рівнянь для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі.</p>	2
2	<p>Лекція 2. Призначення та сфера застосування теплообмінників типу «труба в трубі». Особливості теплового, конструктивного та гідравлічного розрахунків теплообмінників типу «труба в трубі». Основні конструктивні вузли теплообмінників типу «труба в трубі»</p> <p>Література [1-4]</p> <p>Завдання до СРС: Новітні конструкції теплообмінних апаратів типу «труба в трубі».</p>	2
3	<p>Лекція 3. Призначення та сфера застосування кожухотрубних теплообмінників. Особливості теплового, конструктивного та гідравлічного розрахунків кожухотрубних теплообмінників. Основні конструктивні вузли кожухотрубних теплообмінників. Теплообмінники з компенсаторами.</p> <p>Література [1-4]</p> <p>Завдання до СРС: Новітні конструкції кожухотрубних теплообмінних апаратів.</p>	2
4	<p>Лекція 4.</p> <p>Призначення та сфера застосування пластинчастих теплообмінників. Особливості теплового, конструктивного та гідравлічного розрахунків пластинчастих теплообмінників типу. Основні конструктивні вузли пластинчастих теплообмінників. Конструкції пластин та рам.</p> <p>Література [1-4]</p> <p>Завдання до СРС: Новітні конструкції пластинчастих теплообмінних апаратів.</p>	2
5	<p>Лекція 5. Призначення та сфера застосування спіральних та зміювикових теплообмінників. Особливості теплового, конструктивного та гідравлічного розрахунків спіральних та зміювикових теплообмінників. Основні конструктивні вузли спіральних та зміювикових теплообмінників.</p> <p>Література [1-4]</p> <p>Завдання до СРС: Новітні конструкції спіральних та зміювикових теплообмінних апаратів.</p>	2
6	<p>Лекція 6. Фазові переходи. Особливості процесів теплообміну при фазовому переході (конденсації). Особливості розрахунку конденсаторів. Конструктивні особливості конденсаторів.</p> <p>Література [1-4]</p> <p>Завдання до СРС: Новітні конструкції конденсаторів.</p>	2
7	<p>Лекція 7. Особливості процесів теплообміну при фазовому переході (кипінні). Особливості розрахунку кип'ятильників та ребойлерів. Конструктивні особливості кип'ятильників та ребойлерів. Апарати з паровим простором.</p> <p>Література [1-4]</p> <p>Завдання до СРС: Новітні конструкції кип'ятильників та ребойлерів</p>	2

8	Лекція 8. Призначення та сфера застосування апаратів повітряного охолодження. Особливості теплового, конструктивного та гідравлічного розрахунків апаратів повітряного охолодження. Основні конструктивні вузли апаратів повітряного охолодження. Література [1-4] Завдання до СРС: Новітні конструкції апаратів повітряного охолодження	2
9	Лекція 9. Особливості процесів випарювання. Призначення та сфера застосування випарних апаратів. Особливості конструкцій випарних апаратів. Основні конструктивні вузли випарних апаратів. Література [1-4] Завдання до СРС: Новітні конструкції виарних апаратів	2
	Всього	18

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів з даної дисципліни практичні заняття займають 67 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають технічне мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, Тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню студентів як творчих працівників. Дисципліна передбачає виконання завдання безпосередньо на практичних заняттях, у разі допущення помилок, виправлення здійснюються в межах самостійної роботи.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області проектування теплообмінного обладнання;
- навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунків, графічних та інших завдань;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<u>Практичне заняття 1.</u> Розрахунок теплообмінника типу "труба в трубі" Література: [1, 3]	2
2	<u>Практичне заняття 2-3.</u> Виконання креслення теплообмінника типу "труба в трубі" Література: [4]	4
3	<u>Практичне заняття 4.</u> Розрахунок кожухотрубного теплообмінника Література: [3]	2
4	<u>Практичне заняття 5-7.</u> Виконання креслення кожухотрубного теплообмінника Література: [4]	6

5	<u>Практичне заняття 8.</u> Розрахунок пластинчастого теплообмінника Література: [2]	2
6	<u>Практичне заняття - 9-11.</u> Виконання креслення пластинчастого теплообмінника Література: [4]	6
7	<u>Практичне заняття - 12.</u> Розрахунок кип'ятильника Література: [4]	2
9	<u>Практичне заняття - 13-16.</u> Виконання креслення пластинчастого теплообмінника Література: [4]	8
10	Модульна контрольна робота	2
11	Залік	2
	Разом	36

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 55 % часу вивчення дисципліни, включаючи і підготовку до заліку, модульної контрольної роботи. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знань з курсу, що не увійшли в перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту аспірант повинен навчатися аналізувати сучасні термодинамічні методи, що використовуються в хімічній інженерії.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Розділ 1. Основи проектування теплообмінного обладнання. Умови застосування критеріальних рівнянь для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі Література [1-4]	6
2	Розділ 2. Проектування основних конструкцій теплообмінних апаратів. Виправлення помилок, допущених на практичних заняттях Новітні конструкції теплообмінних апаратів типу «труба в трубі» Новітні конструкції пластинчастих теплообмінних апаратів. Новітні конструкції спіральних та зміювикових теплообмінних апаратів. Тепловий ефект змішування Література [1-4]	18
3	Розділ 3. Теплообмін з фазовими переходами та проектування обладнання для його реалізації. Виправлення помилок, допущених на практичних заняттях Новітні конструкції конденсаторів. Новітні конструкції кип'ятильників та ребойлерів Література [1-4]	18
4	Розділ 4. Специфічне теплообмінне обладнання. Виправлення помилок, допущених на практичних заняттях Новітні конструкції апаратів повітряного охолодження Новітні конструкції випрних апаратів Література [1-4]	18
5	Підготовка до заліку	6

Форма звітності з самостійної роботи – альбом конструкцій новітніх теплообмінних апаратів, в кості джерел інформації можуть бути лише патенти чи наукові статті.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом. При виконанні завдань на практичних заняттях студенти можуть користуватися будь-якими джерелами інформації та засобами обчислень. Всі завдання виконуються індивідуально.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:

Але їхня сума не може перевищувати 25 % від рейтингової шкали.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань за використання друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здачі екзамену за іншого аспіранта; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

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>

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

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)

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

Семестр	Навчальний час	Розподіл навчальних годин	Контрольні заходи
---------	----------------	---------------------------	-------------------

	<i>Кредити</i>	<i>акад. год.</i>	<i>Лекції</i>	<i>Практичні</i>	<i>Лаб. роб.</i>	<i>СРС</i>	<i>МКР</i>	<i>Реф.</i>	<i>Семестровий контроль</i>
5	4	120	18	36	–	64	-	–	залік

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за: виконання 16 задач на практичних заняттях, виконання альбому конструкцій та МКР. Семестровим контролем є залік.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях.

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів за практичні заняття 4·16=64.

Виконання альбому конструкцій. Ваговий бал 20.

Модульна контрольна робота. Ваговий бал 16

Залік виставляється за результатами роботи в семестрі.

Студент, який у семестрі отримав не менш ніж 60 балів, може прийняти участь у заліковій роботі для отримання більш високого балу. У цьому разі, бали, отримані ним на контрольній роботі з додаванням 50% від балів отриманих в семестрі є остаточними.

Залікова контрольна робота (у разі необхідності) оцінюється із 70 балів. Контрольне завдання складається двох теоретичних завдань.

Кожне завдання оцінюється з 35 балів за такими критеріями:

- *відмінне виконання завдання, вільне володіння матеріалом на захисті – 32-34 бали.*
- *добрий рівень виконання, правильні відповіді на питання при захисті завдання – 25-30 балів.*
- *достатній рівень виконання завдання, наявність незначних неточностей у відповідях – 20-22 балів.*
- *погана якість виконання роботи, незнання теоретичного матеріалу – 0 балів.*

Умовою першої атестації є отримання не менше 20 балів та виконання 50% практичних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 36 балів та виконання 75% практичних робіт (на час атестації).

Сума отриманих студентом балів переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
RD < 60	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Пояснити призначення теплообмінних апаратів

2. Проаналізувати класифікацію теплообмінних апаратів
3. Проаналізувати, які існують види перенесення теплоти.
4. Пояснити, що є рушійною силою процесу теплообміну.
5. Пояснити, що є метою проектного розрахунку теплообмінних апаратів.
6. Пояснити, які основні стандартні елементи характерні для всіх конструкцій теплообмінного обладнання.
7. Пояснити сферу застосування теплообмінників типу «труба в трубі».
8. Проаналізувати особливості параметричного розрахунку теплообмінників типу «труба в трубі».
9. Проаналізувати особливості конструктивного розрахунку теплообмінників типу «труба в трубі».
10. Проаналізувати особливості гідравлічного розрахунку теплообмінників типу «труба в трубі».
11. Проаналізувати особливості основних вузлів теплообмінників типу «труба в трубі».
12. Пояснити сферу застосування кожухотрубних теплообмінників.
13. Проаналізувати особливості параметричного розрахунку кожухотрубних теплообмінників.
14. Проаналізувати особливості конструктивного розрахунку кожухотрубних теплообмінників.
15. Проаналізувати особливості гідравлічного розрахунку кожухотрубних теплообмінників.
16. Проаналізувати особливості основних вузлів кожухотрубних теплообмінників.
17. Пояснити особливості конструкції кожухотрубних теплообмінників з нерухомими трубними решітками
18. Пояснити особливості конструкції кожухотрубних теплообмінників з компенсатором на кожусі
19. Пояснити особливості конструкції пластинчастих теплообмінників з плаваючою головкою
20. Пояснити особливості конструкції пластинчастих теплообмінників з U-подібними трубками
21. Пояснити сферу застосування пластинчастих теплообмінників.
22. Проаналізувати особливості параметричного розрахунку пластинчастих теплообмінників.
23. Проаналізувати особливості конструктивного розрахунку пластинчастих теплообмінників.
24. Проаналізувати особливості гідравлічного розрахунку пластинчастих теплообмінників.
25. Проаналізувати особливості основних вузлів пластинчастих теплообмінників.
26. Пояснити сферу застосування спіральних теплообмінників.
27. Проаналізувати особливості параметричного розрахунку спіральних теплообмінників.
28. Проаналізувати особливості конструктивного розрахунку спіральних теплообмінників.
29. Проаналізувати особливості гідравлічного розрахунку спіральних теплообмінників.
30. Проаналізувати особливості основних вузлів спіральних теплообмінників.
31. Пояснити сферу застосування змійовикових теплообмінників.
32. Проаналізувати особливості параметричного розрахунку змійовикових теплообмінників.
33. Проаналізувати особливості конструктивного розрахунку змійовикових теплообмінників.
34. Проаналізувати особливості гідравлічного розрахунку змійовикових теплообмінників.
35. Проаналізувати особливості основних вузлів змійовикових теплообмінників.
36. Пояснити особливості теплообміну при конденсації
37. Пояснити особливості розрахунку конденсаторів.
38. Пояснити особливості конструкцій конденсаторів
39. Проаналізувати особливості теплообміну при кипінні.
40. Пояснити особливості розрахунку кип'ятильників та рибойлерів.
41. Проаналізувати конструктивні особливості кип'ятильників та рибойлерів.

42. Проаналізувати особливості апаратів з паровим простором.
43. Пояснити призначення та сферу застосування апаратів повітряного охолодження.
44. Пояснити особливості теплового, конструктивного та гідравлічного розрахунків апаратів повітряного охолодження.
45. Проаналізувати основні конструктивні вузли апаратів повітряного охолодження.
46. Пояснити особливості процесів випарювання.
47. Пояснити призначення процесів випарювання.
48. Проаналізувати особливості конструкцій випарних апаратів.
49. Пояснити основні конструктивні вузли випарних апаратів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент, к.т.н., Гулієнко Сергій Валерійович

Ухвалено кафедрою машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв
(протокол № __ від _____)

Погоджено Методичною інженерно-хімічного факультету¹ (протокол № __ від _____)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.