



Процеси та обладнання хімічних технологій -1. Теплові процеси.

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>Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Істит, МКР, РР, поточний контроль</i>
Розклад занять	<i>Науково-педагогічний працівник</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: кандидат технічних наук, доцент, Швед Микола Петрович, prchved46@gmail Практичні: кандидат технічних наук, доцент, Новохат Олег Анатолійович Лабораторні: кандидат технічних наук, доцент, Швед Микола Петрович, prchved46@gmail</i>
Розміщення курсу	<i>Кампус http://ci.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Технологія виготовлення продукції хімічної, нафтопереробної, біотехнологічної, харчової і ін. галузей промисловості будується як послідовність обмеженої кількості основних процесів, які відбуваються за різних умов (температура, тиск, концентрація і ін.). До цих процесів відносяться механічні, гідромеханічні, теплові, масообмінні, дифузійно-контрольовані, хімічні процеси, які базуються на фундаментальних законах збереження енергії, маси, кількості руху.

Процеси і апарати хімічних та нафтопереробних виробництв – галузь науки й техніки, яка досліджує основні характеристики мікро- й макрокінетики хіміко-технологічних процесів і встановлює параметри, що є умовами їх реалізації у відповідному обладнанні. Вирішальну роль при цьому відіграє фізичне й математичне моделювання процесів, зокрема з використанням систем автоматизованого моделювання, розрахунку й проектування, які дозволяють здійснити перехід від лабораторних і теоретичних досліджень до реалізації процесів у промисловому обладнанні (масштабний перехід).

Дисципліна ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні навчальних дисциплін гуманітарного, природничо-наукового та професійно-практичного циклів, а саме вищої математики, фізики, хімії, фізичної хімії, теоретичної механіки, опору матеріалів, теоретичних основ теплотехніки, гідравліки, нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки.

Формування знань, практичних умінь і навичок бакалавра здійснюється під час проведення лекційних, практичних та лабораторних занять, організації самостійної роботи.

Опис навчальної дисципліни

Рівень ВО, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень ВО перший (бакалаврський)	Назва дисципліни, Процеси та обладнання хімічних технологій – 2. Теплові процеси	Лекції 54 год.
спеціальність 133 Галузеве машинобудування	Цикл професійної підготовки	Практичні 36год.
Освітня програма Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв	Статус кредитного модуля – обов'язковий	Лабораторні роботи 18год.
Форма навчання денна	Семестр 5	Самостійна робота 232 год., у тому числі на виконання індивідуального завдання 15 год.
		Індивідуальне завдання РР
	Кількість кредитів (годин) 8(240)	Вид та форма семестрового контролю екзамен

Об'єктом навчальної дисципліни є процеси та обладнання хімічних технологій.

Засвоєння матеріалу дисципліни дозволить засвоїти базові теоретичні засади гідромеханічних процесів та теплових процесів, опанувати методи та методики оцінки їх ефективності, та уміти обґрунтувати технічні рішення щодо підвищення їх ефективності. Це сприятиме підвищенню конкурентоздатності фахівців при працевлаштуванні на престижні інженерні посади.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей (компетентностей):

- до вивчення та аналізу процесів хімічних технологій;
- до аналізу конструктивних особливостей хімічного обладнання;
- до проектування хімічного обладнання;
- до підбору елементів хімічного обладнання;
- до вибору енергоносіїв та визначення їх енергетичних параметрів.

Основні завдання навчальної дисципліни.

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

знання:

- основних хіміко-технологічних процесів та їх класифікацію;
- конструкцій теплообмінного обладнання;
- методик розрахунків основних розмірів й технічних параметрів теплообмінного обладнання;
- джерел постачання теплової енергії;
- напрямків заощадження теплової енергії та збільшення надійності роботи теплообмінного обладнання;
- конструктивних схем теплового обладнання для реалізації певних процесів технологічної схеми;

уміння:

- використовуючи дані щодо основних особливостей теплообмінного обладнання проводити їх класифікацію;
- використовуючи дані щодо основних властивостей енергоносіїв, розраховувати їх основні параметри;
- використовуючи дані щодо основних потреб технологічної переробки, вибирати відповідну конструкцію теплообмінного обладнання;
- використовуючи дані щодо конструкцій і технологічних характеристик теплообмінного обладнання, за відповідними методиками розраховувати їх основні розміри й технічні параметри;
- використовуючи дані щодо конструкцій теплообмінного обладнання; та технологічних характеристик процесів, що відбувається в них, оцінювати техніко-економічну доцільність джерел постачання теплової енергії;
- використовуючи дані щодо техніко-економічних показників теплообмінного обладнання визначати основні напрямки економії теплової енергії;
- на основі аналізу варіантів здійснювати раціональний вибір конструктивних схем теплового обладнання для реалізації певних процесів технологічної схеми;
- під час розробки технічної пропозиції, ескізного та технічного проектів і робочої конструкторської документації, використовуючи способи і методи інженерної та комп'ютерної графіки, принципи взаємозамінності та систему допусків і посадок, виконувати складальні креслення теплообмінного обладнання;
- користуючись методиками, обчислювальною технікою, виконувати матеріальні та теплові баланси обладнання, розраховувати кінетичні характеристики процесів та основні геометричні розміри апаратів;

- знаючи основні конструкції обладнання уміти розробляти конструкторську документацію на теплообмінне обладнання;

досвід:

- проектний або перевірочний розрахунок теплообмінного обладнання;
- конструктивний розрахунок теплообмінного обладнання;
- визначення особливостей теплоносіїв;

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються бакалаврам на першому занятті.

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

Пререквізити дисципліни. Для успішного опанування компетентностями необхідні знання з дисциплін:

- Охорона праці та цивільний захист.
- Технологія конструкційних матеріалів.
- Матеріалознавство.
- Теоретична механіка.
- Механіка матеріалів і конструкцій.
- Теорія механізмів і машин.
- Метрологія і стандартизація.
- Деталі машин.
- Теоретичні основи теплотехніки.

Постреквізити дисципліни. Перелік дисциплін, які забезпечуються цією навчальною дисципліною:

- Розрахунок і конструювання типового обладнання.
- Навчальні дисципліни з розрахунку та моделювання за допомогою ПК.
- Навчальні дисципліни з комп'ютеризованого інжинірингу.
- Навчальні дисципліни з тривимірного моделювання.
- Навчальні дисципліни з засобів доставки та переміщення.
- Навчальні дисципліни з процесів теплової підготовки та обробки.
- Навчальні дисципліни з управління технологічними процесами.
- Навчальні дисципліни з підготовки та експлуатації обладнання.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Явища перенесення в процесах і апаратах хімічних виробництв.

Розділ 2. Основи теплопередачі

Розділ 3. Теплообмінне обладнання

Структура дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 1 Явища перенесення в процесах і апаратах хімічних виробництв.					
Тема 1.1 Вступ до курсу процесів та апаратів.	2	2		-	-
Тема 1.2. Явища перенесення в хімічній технології.	8	6	-	-	2
Тема 1.3. Основи теорії подібності.	6	4			2
Разом за розділом 1	16	12			4
Розділ 2. Основи теплопередачі					
Тема 2.1. Теплопровідність.	18	4	4	4	6
Тема 2.2. Конвективний теплообмін..	20	8	4	4	4
Тема 2.3. Теплообмін при зміні агрегатного стану.	12	4	4		4
Тема 2.4. Теплообмін при випромінюванні.	5	2			3
Тема 2.5. Складний теплообмін	11	4	4	-	3
Тема 2.6. Нестационарна теплопровідність	11	4		4	3
Разом за розділом 2	77	26	16	12	23
Розділ 3. Теплообмінне обладнання					
Тема 3.1. Нагрівання та охолодження в хімічній технології.	26	6	8-	8	4
Тема 3.2 Випарювання і випарні установки в хімічній технології.	22	4	6	8	4
Тема 3.3 Сушіння і сушильні установки в хімічній технології..	22	4	6	8	4
МКР по розділах 1,2,3.	2	2		-	
Розрахункова робота	15	-	-	-	15
Підготовка до екзамену	30	-	-	-	30
Разом за розділом 3	117	16	20-	24	57
Разом за розділом 1,2,3	210	54	36	36	84

Навчальні матеріали та ресурси

Базова література, яку треба використовувати для опанування дисципліни, опрацьовується самостійно для підготовки до практичних занять і в умовах дистанційного навчання. Для виконання модульних контрольних робіт, підготовки доповідей, презентацій, написання есе за

результатами самостійної роботи пропонується використовувати додаткову літературу та інтернет-ресурси.

Базова література:

1. 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.
2. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології 2: підручник /Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев – К. :НТУУ „КПІ”, 2011 – Ч.2 – 416 с.
3. Ю.Ю. Лукач Теплові процеси та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв// Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, Г.Л. Рябцев, М.В. Сезонов.– К.: НМЦВО, 2000 Ч.1.-172 с.
4. Ю.Ю. Лукач Теплові процеси та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв// Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев.– К.: НМЦВО, 2004. Ч.2.- 161 с.
5. Процеси та обладнання хімічної технології-1. Теплові процеси: вказівки до виконання розрахункової роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 Галузеве машинобудування, освітньої професійна програма бакалаврів «Комп'ютерноінтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Швед М.П., Степанюк А.Р., Швед Д.М. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 271 с.
6. 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, М.П. Швед, Я.М. Корнієнко, Г.С. Подиман – Електронні текстові данні (1 файл: 1,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 65 с.

Додаткова

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
2. Процеси та обладнання хімічних технологій-1. Базові принципи теорії тепломасообміну: практикум з кредитного модуля [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузе машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.В. Гулієнко, Я.В. Гробовенко. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,93 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 120 с
3. Процеси та апарати хімічних виробництв: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «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. 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 Гідрогазодинаміка (прикладі і задачі) : навчальний посібник / С. Й. Ткаченко, Н. Д. Степанова. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 180 с.
4. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): навч. посіб. /А.І. Погорелов. – 2-е вид. випр. – Львів: Новий світ -2000, 2004. – 144 с.
5. Лабай В.Й. Тепломасообмін. - Львів: Тріада плюс, 1998.- 260 с.
6. 2. Варламов Г.Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: підручник / Г.Б. Варламов, Г.М. Любчик. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2003. – 232 с.
7. 3. Єгоров Я.О. Теоретичні основи теплотехніки (у системах машинобудування): / Єгоров Я.О., Беліков С.Б., Улітенко О.М.: Навч. посібник. – Запоріжжя: Дике Поле, 2004. – 286 с.

8. 4. Слинько Г.І. Теплотехнічні процеси та теплова обробка матеріалів і виробів: Навч. посібник. / Г.І. Слинько, С.Б. Беліков, О.М. Улітенко – Мелітополь, 2011 – 360

Нормативна документація

1. ДСТУ EN 247-2003 Теплообмінники. Термінологія.
2. ДСТУ EN 305-2001 Теплообмінники. Визначання експлуатаційних характеристик теплообмінників та загальна методика випробовування для встановлення експлуатаційних характеристик усіх теплообмінників.
3. ДСТУ EN 1118:2008. Теплообмінники. Охолоджувачі рідини, охолоджувані холодоагентом. Методи випробовування для встановлювання робочих характеристик (EN 1118:1998, IDT

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, МКР, СРС)

5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
	Розділ 1 Явища перенесення в процесах і апаратах хімічних виробництв.	
1-	Тема 1.1. Вступ до курсу процесів та апаратів.	2
	<i>Заплановано:</i> Приводиться структура, класифікація та види хіміко-технологічних процесів. <i>Тема СРС:</i> Структура, класифікація та види хіміко-технологічних процесів. <i>Рекомендовано:</i> Література 1-5, 7, 8.	
2-4	Тема 1.2. Явища перенесення в хімічній технології.	4
	<i>Заплановано:</i> Аналізуються рівняння збереження маси, енергії, рівноваги, рушійної сили та принципи їх розв'язання. <i>Тема СРС:</i> Рівняння збереження маси, енергії, рівноваги, рушійної сили та принципи їх розв'язання. <i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.	
5,6	Тема 1.3. Основи теорії подібності.	4
	<i>Заплановано:</i> Розглядаються фізичні та математичні моделі теплових процесів та їх рішення. Приводяться умови та теореми подібності. Аналізуються критерії, критеріальні рівняння та принципи їх одержання. <i>Тема СРС:</i> Розглядаються фізичні та математичні моделі теплових процесів та їх рішення. Приводяться умови та теореми подібності. Аналізуються критерії, критеріальні рівняння та принципи їх одержання. <i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.	
	Розділ 2. Основи теплопередачі	
7,8	Тема 2.1. Теплопровідність.	4
	<i>Заплановано:</i> Розглядаються поняття теплової енергії та види її перенесення, температурного поля та градієнта температур. Виводиться та аналізується основне рівняння теплопровідності. Розглядаються коефіцієнт теплопровідності, умови однозначності та випадки перенесення тепла при граничних умовах першого та третього роду через плоску та циліндричну стінки.	

	<p><i>Тема СРС:</i> Коефіцієнти теплопровідності, умови однозначності та випадки перенесення тепла при граничних умовах першого та третього роду через плоску та циліндричну стінки.</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.</p>	
9–12	Тема 2.2. Конвективний теплообмін.	4
	<p><i>Заплановано:</i> Аналізується рівняння тепловіддачі та фізичний зміст коефіцієнта тепловіддачі Розглядаються фізична та математична моделі і шляхи її рішення. Приводяться критерії та критеріальні рівняння теплової подібності та часткові випадки конвективного теплообміну.</p> <p><i>Тема СРС:</i> Фізична та математична моделі і шляхи її рішення. Приводяться критерії та критеріальні рівняння теплової подібності та часткові випадки конвективного теплообміну.</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.</p>	
13,14	Тема 2.3. Теплообмін при зміні агрегатного стану.	4
	<p><i>Заплановано:</i> Розглядаються види та фізичні моделі процесів конденсації та кипіння, аналізуються розрахункові залежності для визначення коефіцієнтів тепловіддачі та шляхи їх інтенсифікації.</p> <p><i>Тема СРС:</i> Фізичні моделі процесів конденсації та кипіння, аналіз розрахункових залежностей для визначення коефіцієнтів тепловіддачі та шляхи їх інтенсифікації.</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1, 2, 3.</p>	
15,16	Тема 2.4. Теплообмін при випромінюванні.	4
	<p><i>Заплановано:</i> Розглядається суть променевого випромінювання, основні закони та теплообмін між двома тілами та в газах.</p> <p><i>Тема СРС:</i> Суть променевого випромінювання, основні закони та теплообмін між двома тілами та в газах. Література 1-7.</p>	
17	Тема 2.5. Складний теплообмін	2
	<p><i>Заплановано:</i> Розглядаються види та фізичні моделі складного теплообміну, аналізуються залежності для визначення коефіцієнтів тепловіддачі та шляхи їх інтенсифікації.</p> <p><i>Тема СРС:</i> Фізичні моделі складного теплообміну, аналізуються залежності для визначення коефіцієнтів тепловіддачі та шляхи їх інтенсифікації.</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.</p>	
18,19	Тема 2.6. Нестационарна теплопровідність	4
	<p><i>Заплановано:</i> Розглядаються основи та окремі випадки рішення задач нестационарної теплопровідності</p> <p><i>Тема СРС:</i> окремі випадки рішення задач нестационарної теплопровідності</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.</p>	
20-22	Тема 2.7. Нагрівання та охолодження в хімічній технології.	4
	<p><i>Заплановано:</i> Розглядаються вимоги до теплоносіїв , їх характеристики , основні схеми нагрівання. та основи їх розрахунку.</p> <p>Приводяться типові конструкції теплообмінників, методики проектного і перевірного розрахунків та шляхи інтенсифікації процесу теплопередачі.. Аналізується взаємний рух теплоносіїв та порядок визначення рушійної сили теплопередачі. Приводяться основи розрахунку теплообмінних апаратів.</p>	

	<p><i>Тема СРС:</i> Привести класифікацію та скласти альбом конструкцій теплообмінних апаратів апаратів. Виділити випадки їх застосування переваги та недоліки.</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1-7</p>	
23-24	Тема 2.8. Випарювання і випарні установки в хімічній технології.	4
	<p><i>Заплановано:</i> Розглядається фізична суть процесу випарювання на прикладі однокорпусної випарної установки з центральною циркуляційною трубою. Складаються матеріальний та тепловий баланси, аналізуються особливості визначення корисної різниці температур, приводиться алгоритм розрахунку. Розглядаються багатокорпусні випарні установки та їх особливості при прямотечії, протитечії та паралельному живленні. Вивчається розподіл корисної різниці температур для різних випадків та типові конструкції апаратів. Приводяться основи розрахунку випарних апаратів.</p> <p><i>Тема СРС:</i> Привести класифікацію та скласти альбом конструкцій випарних апаратів. Виділити випадки застосування переваги та недоліки.</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.</p>	
25,26	Тема 2.9. Сушіння і сушильні установки в хімічній технології.	4
	<p><i>Заплановано:</i> Розглядається фізична сутність процесу сушіння та його види. Вивчається конвективне сушіння та параметри вологого повітря, аналітичний і графоаналітичний спосіб їх визначення. Складається матеріальний та тепловий баланси сушіння. Вводиться поняття теоретичної сушарки та приводяться варіанти сушіння. Приводяться розрахункові залежності для визначення видатку повітря і тепла на сушіння. Розглядаються криві сушіння, періоди сушіння та алгоритм визначення швидкості сушіння. Приводяться залежності для визначення тривалості сушіння в першому та другому періодах та габаритних розмірів сушарок.</p> <p><i>Тема СРС:</i> Привести класифікацію та скласти альбом конструкцій сушарок. Виділити випадки застосування, переваги та недоліки</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.</p>	
27	Контрольна модульна робота	2

5.2. Практичні заняття

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

№ з/п	Назва теми, що виноситься на практичне заняття	Кількість годин
	Розділ 1. Явища перенесення в процесах і апаратах хімічних виробництв.	
	Тема 1.3. Основи теорії подібності.	
1	<p>Розглядаються фізична та математична моделі процесів перенесення, методи рішення та критерії подібності, їх властивості та фізичний зміст.</p> <p><i>Рекомендовано:</i> Література 1-7.</p>	2

	Розділ 2. Основи теплопередачі	
	Тема 2.1. Теплопровідність.	
2,3	Розрахунки процесу теплопровідності та термічного опору для одношарової, багатошарової та циліндричної стінок. <i>Рекомендовано: Література 1-7.</i>	4
	Тема 2.2. Конвективний теплообмін.	
4,5	Розглядаються часткові випадки конвективного теплообміну та алгоритм розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі та теплопередачі. <i>Рекомендовано: Література 1-7.</i>	4
	Тема 2.3. Теплообмін при зміні агрегатного стану.	
6	Розглядаються особливості та приклади розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі та теплопередачі при кипінні та конденсації. <i>Рекомендовано: Література 1-7.</i>	2
	Тема 2.5. Складний теплообмін	
7,8	Розглядаються приклади розрахунку складного теплообміну. <i>Рекомендовано: Література 1-7.</i>	4
	Тема 2.7. Нагрівання та охолодження в хімічній технології.	
8–12	Розглядаються схеми нагрівання та охолодження, конструкції апаратів та приклади їх розрахунку. <i>Рекомендовано: Література 1-7.</i>	8
	Тема 2.8. Випарювання і випарні установки в хімічній технології.	
13–15	Розглядаються схеми, конструкції та приклади розрахунку випарних установок. <i>Рекомендовано: Література 1-7.</i>	6
	Тема 2.9. Сушіння і сушильні установки в хімічній технології.	
16–18	Розглядаються схеми, конструкції та приклади розрахунку сушарок. <i>Рекомендовано: Література 1-7.</i>	6

5.3. Лабораторні заняття.

Основні завдання циклу лабораторних, це набуття досвіду складання балансових рівнянь теплообмінних процесів, а також аналіз дослідних даних і узагальнення отриманих результатів. Систематизація і закріплення знань фундаментальних рівнянь перенесення маси, енергії, кількості руху та загальних принципів їх розв'язання для конкретних процесів хімічної технології.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість годин
1	Вступне заняття. Ознайомлення з вимогами техніки безпеки. Формування груп, підгруп. Знайомство з лабораторними установками. Формулювання вимог до виконання, оформлення звітів і захисту лабораторних робіт.	2
2,3	Дослідження тепловіддачі при тепловій конвекції. <i>Рекомендовано: Література 1-7, 17.</i>	4
4,5	Дослідження теплопровідності через циліндричну стінку <i>Рекомендовано: Література 1-7, 14.</i>	4
6,7	Дослідження конструкцій теплообмінних апаратів та процесу теплопередачі в теплообміннику з U-подібними трубками . <i>Рекомендовано: Література 1-7, 18.</i>	4
8,9	Дослідження нестационарної теплопровідності <i>Рекомендовано: Література 1-7, 15.</i>	4

10,11	Дослідження конструкцій випарних апаратів та процесу тепловіддачі при кипінні та конденсації . <i>Рекомендовано: Література 1-7, 17.</i>	4
12,13	Дослідження конструкцій сушарок та сушарки з частковою рециркуляцією сушильного агенту. <i>Рекомендовано: Література 1-7, 21.</i>	4
14,15	Дослідження теплообмінника з ребристою поверхнею <i>Рекомендовано: Література 1-7,19</i>	4
16,17	Захист конспектів конструкцій	4
18	Захист та здача звітів з лабораторних робіт	2

1. Самостійна робота студента

Дисципліна «Процеси та обладнання хімічних технологій - 2. Теплові процеси» передбачає такі види роботи студентів: лекції, практичні та лабораторні заняття, одна модульна контрольна робота, розрахункова робота та самостійна робота студента. Вивчення дисципліни закінчується складанням іспиту, до якого допускаються студенти, які повністю виконали програму кредитного модуля, а саме захистили всі завдання, які були винесені на лекційні, практичні та лабораторні заняття.

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 досвіду в проектуванні промислового обладнання.

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

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

Лабораторні заняття дозволяють студентам шляхом виконання певних відповідно сформульованих завдань закріпити теоретичні положення кредитного модуля й набути вмінь і досвіду їх практичного застосування.

Метою розрахункової роботи є вироблення вміння застосовувати одержані знання для вирішення практичних і теоретичних завдань сучасного виробництва, набуття досвіду виконання звітної документації.

6.1. Індивідуальні завдання

При вивченні курсу студенти виконують одну розрахункову роботу, метою якої є вивчення конструкцій обладнання та основ його розрахунку. Індивідуальні завдання видаються за тематикою, приведеною в додатку А.

Результат роботи оформляється у вигляді звіту, до якого входить формулювання мети роботи, опис конструктивних особливостей апарату, параметричні конструктивні розрахунки та ескізна схема апарату. Обсяг звіту – 10-15 сторінок А4.

6.2. Контрольні роботи

Планується одна модульна контрольна робота.

Основна ціль контрольної роботи полягає у перевірці рівня засвоєння матеріалу, що 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.

Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

Захист практичних, лабораторних робіт, а також індивідуальних завдань проводиться персонально згідно 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 аспірантів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захист 10 (за вибором викладача) задач.
- 2) виконання та захист 4-х лабораторних робіт та 3 розділів конспекту конструкцій;
- 3) написання МКР;
- 4) написання та захист розрахункової роботи;
- 5) відповідь на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал - 2. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює:

2 бали \times 10 = 20 балів.

Критерії оцінювання:

бал 2 виставляється за умови відмінної відповіді.

бал 1 виставляється за умови достатньої відповіді.

бал 0 виставляється за умови незадовільної відповіді.

2. Лабораторні роботи

Ваговий бал - 4. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи та конспект конструкцій дорівнює:

4 балів \times 4 = 16 балів.

Критерії оцінювання:

- підготовка та виконання лабораторної роботи:

бал 1 виставляється за умови відмінної роботи;

бал 0 виставляється за умови незадовільної роботи.

- якість (захист) роботи:

бал 2 виставляється за умови відмінної відповіді;

бал 1 виставляється за умови достатньої відповіді;

бал 0 виставляється за умови незадовільної відповіді.

- підготовка та захист одного розділу конспекту конструкцій:

бал 2 виставляється за умови відмінної відповіді;

бал 1 виставляється за умови достатньої відповіді;

бал 0 виставляється за умови незадовільної відповіді.

3. Модульний контроль

Ваговий бал – 12

бал 14-12 виставляється за умови відповіді щонайменше на 95 % питань;

бал 11-9 виставляється за умови відповіді на від 85 до 95 % питань;

бал 8-6 виставляється за умови відповіді на від 75 до 85 % питань;

бал 5-2 виставляється за умови відповіді на від 60 до 75 % питань;

бал 1-0 виставляється за умови відповіді менше, ніж на 60 % питань.

4. Розрахункова робота.

Ваговий бал – 12.

Критерії оцінювання РР:

бал 10-12 виставляється, якщо в повному обсязі висвітлені всі розділи роботи;

бал 7-9 виставляється якщо в роботі допущені окремі неточності;

бал 4-6 виставляється якщо окремі розділи висвітлені не в повному обсязі або допущені помилки;

бал 2-3 виставляється, якщо нечітко висвітлена тема роботи: допущені помилки в формулюваннях, термінах та визначеннях;

бал 0-1 виставляється, якщо робота виконана незадовільно: наявність суттєвих помилок або відсутність окремих розділів, РР не зарахована.

5. Штрафні та заохочувальні бали за:

- недопуск до лабораторної роботи у зв'язку з незадовільним вхідним контролем -1 бал;

- відсутність на лабораторному занятті без поважної причини - 2 бали;

- несвоєчасне (пізніше, ніж на контрольному занятті) здача лабораторної роботи чи розділу конспекту конструкцій - 1 бал.

- несвоєчасне (пізніше, ніж на контрольному занятті) здача розрахунку апарата на практичному занятті - 2 бали;

- заохочувальні бали: виконання завдань із вдосконалення дидактичних матеріалів з кредитного модуля - до 10 балів.

Розмір шкали рейтингу $RD= 100$ балів.

Розмір стартової шкали $R_c = R_{пр} + R_{лаб} + R_{МКР} + R_{РР} = 20 + 16 + 12 + 12 = 60$ балів.

Розмір екзаменаційної 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 екзамену: зарахування всіх практичних занять, лабораторних робіт, розрахункової роботи, позитивний результат модульної контрольної роботи, а також стартовий рейтинг $R_c > 24$ балів (не менше 40 % від R_c).

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

Таблиця критеріїв оцінювання відповідей на питання білету

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			
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	Не допущено

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Під час навчання студенти отримують нові знання, уміння і навички, в основному при проведенні конкретних лекцій, практичних 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, Швед Микола Петрович

Ухвалено: кафедрою МАХНВ (протокол № 20 від 20.06.2024)

Погоджено: Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 28.06.2024)

Завдання до розрахункової роботи

Завдання №1 до РР

Розрахувати теплообмінник для нагрівання / охолодження / конденсації речовини «Р». Початкова температура речовини t_{p1} , кінцева - t_{p2} . Нагрівальний (охолоджувальний) агент – Т. Втрати теплоти крізь зовнішню поверхню теплообмінника прийняти ___% від корисно витраченої теплоти. Робочий тиск речовини p_p , агента $-p_a$.

Варіант	Речовина «Р»	Варіант	Масова частка розчиненої речовини в розчиннику, %	Варіант	$G \times 10^m$, кг/с	Варіант	t_{p1}	Варіант	t_{p2}
1.	розчин етанолу у воді	1	5	1	0,50	1	10	1	90
2.	розчин метанолу у воді	2	10	2	0,60	2	20	2	80
3.	розчин бензолу у толуолі	3	20	3	0,70	3	30	3	70
4.	розчин толуолу в бензолі	4	30	4	0,80	4	40	4	60
5.	розчин мурашиної кислоти в оцтовій кислоті	5	40	5	0,90	5	50	5	50
6.	вода	6	100	6	0,95	6	60	6	40
7.	оцтова кислота	7	60	7	1,20	7	70	7	30
8.	етанол	8	70	8	1,30	8	80	8	20
9.	метанол	9	80	9	1,40	9	90	9	$t_{кип.}$
0	бензол	0	100	0	1,50	0		0	$t_{конд.}$
a		a		a		a	$t_{конд.}$	a	

Тип теплообмінника: - труба в трубі; - спіральний; - пластинчатий; - кожухотрубний

Агент «Т»: - вода; - 25 %-й водний розчин $CaCl_2$; насичена водяна пара (відносна масова частка повітря в парі $Y = \text{_____} \% (\text{мас.})$);

Тиск: $p_p = \text{_____}$ МПа; Коефіцієнт степеня $m = -1$

Структура пояснювальної записки

Зміст

Завдання

Вступ

1. Технічна характеристика теплоносіїв
2. Опис і обґрунтування обраної конструкції
3. Параметричний розрахунок апарату
4. Схематичне креслення апарату
5. Висновок
6. Перелік посилань

Рекомендована література

1. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології 1: підручник /Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонюк, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев – К.: НТУУ „КПІ”, 2011 – Ч.1 – 300 с.
2. Ю.Ю. Лукач Теплові процеси та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв// Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонюк, Г.Л. Рябцев, М.В. Сезонов.– К.: НМЦВО, 2000 Ч.1.-172 с.
3. Процеси та обладнання хімічної технології-1. Теплові процеси: вказівки до виконання розрахункової роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 Галузеве машинобудування, освітньої професійна програма бакалаврів «Комп'ютерноінтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Швед М.П., Степанюк А.Р., Швед Д.М. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 271 с.

Завдання №2 до РР

Розрахувати барабанну сушарку з підйимально-лопатевою насадкою для сушіння матеріалу "М" у межах міста "N". Масова продуктивність сушарки G. Відносна вологість матеріалу: початкова ω_1 , кінцева ω_2 . Сушильний агент – "А". Втрати теплоти в оточуюче середовище прийняти ___ % від корисно витраченої теплоти.

Варіант	Речовина «М»	$\omega_1, \%$	$\omega_2, \%$	Варіант	G, кг/с	Варіант	Місто "N"
10.	хлорид калію	6	0,4	1.	0,3	1.	Дніпропетровськ
11.	сульфат амонію	3,6	0,4	2.	0,4	2.	Київ
12.	нітрат амонію	4	0,3	3.	0,6	3.	Кіровоград
13.	хлорид натрію	5	0,2	4.	0,8	4.	Миколаїв
14.	суперфосфат	18	3,5	5.	1,0	5.	Одеса
15.	пісок	4	0,1	6.	1,2	6.	Харків
16.	кам'яне вугілля	9	0,6	7.	1,4	7.	Львів
17.	глина	23	4,5	8.	1,6	8.	Суми
18.	хлорид барію	5,5	1,2	9.	1,8	9.	Вінниця
0	бікарбонат натрію	6	0,1	0	2,0	0	Херсон
a				a		a	

Продуктивність сушарки: $\square: G = G_1$; $\square: G = G_2$;

Сушильний агент „А": \square - повітря; \square - димові газ.

Схема руху сушильного агента та висушеного матеріалу: \square - Прямотечійна; \square - протитечійна.

Розрахунок здійснити : \square - для літніх умов; \square - для зимових умов; \square - для середньорічних умов; \square - для літніх і зимових умов.

Навести графік зміни параметрів вологого повітря в сушарці на .X-I діаграмі.

Структура пояснювальної записки

Зміст

Завдання

Вступ

1. Технічна характеристика матеріалу та сушильного агента
2. Опис і обґрунтування обраної конструкції
3. Параметричний розрахунок апарату
4. Схематичне креслення апарату
5. Висновок
6. Перелік посилань

Рекомендована література

Рекомендована література

1. 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.
2. Ю.Ю. Лукач Теплові процеси та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв// Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, Г.Л. Рябцев, М.В. Сизонов.– К.: НМЦВО, 2000 Ч.1.–172 с.
3. Процеси та обладнання хімічної технології-1. Теплові процеси: вказівки до виконання розрахункової роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 Галузеве машинобудування, освітньої професійна програма бакалаврів «Комп'ютерноінтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Швед М.П., Степанюк А.Р., Швед Д.М. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 271 с.

Завдання №3 до РР

Розрахувати вакуум-випарну установку неперервної дії та підібрати конструкцію випарного апарата (тип і виконання) для концентрування водного розчину речовини "Р". Масова продуктивність установки по вихідному розчину G_1 . Початкова масова частка речовини "Р" у випарюваному розчині становить x_1 , кінцева— x_2 . Температура вихідного розчину t_1 , абсолютний тиск у конденсаторі p_0 , відносна вологість гриуючої водяної пари ϕ .

Варіант	Речовина Р"	X_2 , % мас	Варіант	p_0 , МПа	Варіант	t_1 , °С	Варіант	G_1 , кг/год	X_1 % (мас)	Варіант	ϕ , % мас.
1	NaOH	40	1	0,010	1	20	1	10000	10	1	0
2	Na ₂ CO ₃	35	2	0,012	2	25	2	13000	11	2	0.5
3	NH ₄ Cl	25	3	0,015	3	30	3	15000	12	3	1.0
4	KOH	40	4	0,016	4	35	4	18000	13	4	1,5
5	K ₂ CO ₃	37	5	0,018	5	40	5	20000	14	5	2,0
6	MgSO ₄	40	6	0,020	6	45	6	25000	15	6	2,5
7	KCl	30	7	0,022	7	50	7	30000	16	7	3,0
8	CaCl ₂	40	8	0,023	8	55	8	35000	17	8	3,1
9	MgCl ₂	30	9	0,024	9	23	9	37000	18	9	3.3
0	NaCl	50	0	0,025	0	28	0	40000	19	0	3.5
а	KNO ₃	50	а	0,026	а	30	а	43000	20	а	4.0
б	NH ₄ NO ₃	50	б	0,028	б	37	б	45000	23	б	4,5
в	NaNO ₃	45	в	0,030	в	43	в	50000	25	в	5,0
г			г		г		г			г	

Масова частка повітря в гриуючій водяній парі. % (мас): 0.5 1.0 1.5

Втрати теплоти в оточуюче середовище, % від корисно витраченої теплоти: 2, 5, 8.

Структура пояснювальної записки:

Зміст

Завдання

Вступ

1. Технічна характеристика теплоносіїв
2. Опис і обґрунтування обраної конструкції
3. Параметричний розрахунок апарату
4. Схематичне креслення апарату
5. Висновок
6. Перелік посилань

Рекомендована література

1. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології 1: підручник /Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонюк, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев – К. :НТУУ „КПІ”, 2011 – Ч.1 – 300 с.
2. Ю.Ю. Лукач Теплові процеси та апарати хімічних і нафтопереробних виробництв// Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонюк, Г.Л. Рябцев, М.В. Сезонов.– К.: НМЦВО, 2000 Ч.1.-172 с.
3. Процеси та обладнання хімічної технології-1. Теплові процеси: вказівки до виконання розрахункової роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 Галузеве машинобудування, освітньої професійна програма бакалаврів «Комп'ютерноінтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Швед М.П., Степанюк А.Р., Швед Д.М. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,71 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 271 с.

Питання до МКР

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 багатошаровій 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. Охарактеризуйте модифіковані критерії подібності.
14. Назвіть основні переваги та недоліки теорії подібності.
15. Чим відрізняються рівняння для визначення коефіцієнту тепловіддачі при вимушеній та вільній конвекції.
16. Від чого залежить інтенсивність тепловіддачі і шляхи її інтенсифікації.
17. Приведіть алгоритм розрахунку коефіцієнта тепловіддачі.
18. Приведіть механізм конденсації та особливості визначення коефіцієнта тепловіддачі. Назвіть фактори конденсації. Як впливає вміст газу на тепловіддачу?
19. Приведіть види кипіння і розкрийте поняття критичної різниці температур при кипінні.
20. Виведіть та проаналізуйте рівняння для середньої різниці температур між теплоносіями при прямотечії та протитечії.
21. Які вимоги ставлять до теплоносіїв?
22. Який процес називають теплопередачею?
23. Яким рівнянням визначається зв'язок між кількістю переданої теплоти і розмірами теплообмінної апаратури?
24. Яке фізичне значення має коефіцієнт теплопередачі?
25. Який процес називають тепловіддачею?
26. Які параметри характеризують тепловіддачу при природній і вимушеній конвекції?
27. Чому в розрахунковій практиці користуються критеріальними рівняннями конвективного теплообміну?
28. Які критерії теплової і гідродинамічної подібності входять у критеріальні рівняння конвективного теплообміну? Яке їх фізичне значення?
29. У чому полягають особливості тепловіддачі в разі змінення агрегатного стану? Яким критерієм враховують ці особливості? У чому фізична суть цього критерію?
30. Який існує зв'язок між коефіцієнтом теплопередачі та коефіцієнтами тепловіддачі?
31. Із яких величин складається загальний термічний опір теплопередачі?
32. Що є рушійною силою теплообмінних процесів?
33. Чому в розрахунках теплообмінних процесів використовують середню рушійну
34. силу? Як її визначають ?
35. Якими способами можна інтенсифікувати процес теплопередачі?
36. Які методи нагрівання застосовують у хімічних виробництвах?
37. З якого рівняння визначають витрату теплоносія для нагрівання?
38. У яких випадках можна застосовувати для нагрівання «гостру» водяну пару?
39. У яких випадках застосовують нагрівання топковими газами? Які недоліки характерні для нагрівання топковими газами?
40. Які способи нагрівання електричним струмом застосовують у хімічних виробництвах?
41. Які позитивні якості та недоліки при охолодженні гарячих теплоносіїв мають вода і повітря? Як визначити витрату охолоджувальної води в теплообміннику?
42. Як класифікують теплообмінні апарати?
43. Які будова і принцип дії одноходового кожухотрубного теплообмінника?
44. Завдяки чому інтенсифікується теплообмін у багатоходових кожухотрубних теплообмінниках?
45. У яких випадках застосовують температурні компенсатори у кожухотрубних теплообмінниках?
46. Коли застосовують теплообмінники типу «труба в трубі»? Які їхні переваги та недоліки порівняно з кожухотрубними теплообмінниками?
47. Як побудований спіральний теплообмінник? Які він має недоліки?
48. В яких хімічних виробництвах застосовують пластинчасті теплообмінники? Які їх позитивні якості та недоліки?
49. Коли застосовують теплообмінники з ребристими поверхнями теплообміну? Дайте порівняльну характеристику теплообмінників різних типів.

50. Наведіть схему проектного розрахунку теплообмінників. Які величини мають бути відомі при проектних розрахунках теплообмінників?
51. Навіщо виконують гідравлічний розрахунок теплообмінників?
52. У чому полягає оптимальний розрахунок теплообмінників?
53. Чим відрізняється перевірний розрахунок теплообмінників від проектного?
54. Що називають конденсацією?
55. Яке призначення процесу конденсації в хімічних виробництвах?
56. За якими ознаками класифікують конденсатори?
57. У чому полягає особливість розрахунку поверхневих конденсаторів?
58. Від чого залежить ефективність роботи конденсаторів змішування?
59. Приведіть основні вимоги до теплоносіїв
60. Які методи нагрівання застосовують у хімічних виробництвах?
61. З якого рівняння визначають витрату теплоносія для нагрівання?
62. У яких випадках можна застосовувати для нагрівання «гостру» водяну пару?
63. У яких випадках застосовують нагрівання топковими газами? Які недоліки характерні для нагрівання топковими газами?
64. Які способи нагрівання електричним струмом застосовують у хімічних виробництвах?
65. Які позитивні якості та недоліки при охолодженні гарячих теплоносіїв мають вода і повітря? Як визначити витрату охолоджувальної води в теплообміннику?
66. Як класифікують теплообмінні апарати?
67. Які будова і принцип дії одноходового кожухотрубного теплообмінника?
68. Завдяки чому інтенсифікується теплообмін у багатоходових кожухотрубних теплообмінниках?
69. У яких випадках застосовують температурні компенсатори у кожухотрубних теплообмінниках?
70. Коли застосовують теплообмінники типу «труба в трубі»? Які їхні переваги та недоліки порівняно з кожухотрубними теплообмінниками?
71. Як побудований спіральний теплообмінник? Які він має недоліки?
72. В яких хімічних виробництвах застосовують пластинчасті теплообмінники? Які їх позитивні якості та недоліки?
73. Коли застосовують теплообмінники з ребристими поверхнями теплообміну? Дайте порівняльну характеристику теплообмінників різних типів.
74. Наведіть схему проектного розрахунку теплообмінників. Які величини мають бути відомі при проектних розрахунках теплообмінників?
75. Навіщо виконують гідравлічний розрахунок теплообмінників?
76. У чому полягає оптимальний розрахунок теплообмінників?
77. Чим відрізняється перевірний розрахунок теплообмінників від проектного?
78. Що називають конденсацією?
79. Яке призначення процесу конденсації в хімічних виробництвах?
80. За якими ознаками класифікують конденсатори?
81. У чому полягає особливість розрахунку поверхневих конденсаторів?
82. Від чого залежить ефективність роботи конденсаторів змішування?
83. У чому полягає механізм створення розрідження у вакуумних установках застосуванням процесу конденсації?
84. Яке призначення барометричної труби?
85. З якою метою використовують двоступінчастий барометричний конденсатор?
86. Навіщо розраховують кількість газів, що не конденсуються?
87. Як розраховують висоту барометричної труби?
88. Поясніть суть процесу випарювання.
89. Які розчини концентрують випарюванням?
90. Якими методами в хімічній промисловості здійснюють процес випарювання?
91. Чим відрізняється корисна різниця температур від загальної різниці?
92. Із чого складаються температурні втрати у випарній установці?
93. Від чого залежить кількість випареної води?
94. Як визначають витрату нагрівної пари при випарюванні?
95. Перерахуйте способи економії нагрівної пари при випарюванні.
96. З якою метою у випарних апаратах створюють умови для циркуляції випарюваного розчину?
97. Який порядок розрахунку випарних установок?
98. Навіщо відбирають екстрапару?
99. Унаслідок чого виникає явище самовипарювання?
100. Як розподіляється сумарна корисна різниця температур багатокорпусної випарної установки по корпусах?
101. Як визначити оптимальну кількість корпусів багатокорпусної випарної установки?
102. Які конструкції випарних апаратів найпоширеніші в промисловості?
103. Який процес називають сушінням?
104. Що є рушійною силою процесу сушіння?
105. Поясніть поняття: відносна вологість, вологовміст і ентальпія вологого повітря.
106. Поясніть принципи побудови діаграми I - x стану вологого повітря.
107. Перерахуйте та охарактеризуйте види зв'язку вологи з матеріалом.

108. Як визначають витрату повітря (загальну і питому) на сушіння?
109. Із якого балансу визначають питому витрату теплоти і витрату нагрівної пари на сушіння?
110. Як будується процес теоретичного і реального сушіння на діаграмі $I-x$?
111. Які бувають варіанти процесу сушіння?
112. Поясніть принципи побудови кривих сушіння і швидкості сушіння.
113. Які фактори визначають швидкість сушіння в перший і другий періоди?
114. За якими ознаками класифікують сушарки?
115. Опишіть будову і принцип дії конвективних сушарок.
116. Опишіть будову контактних сушарок.
117. Які матеріали доцільно сушити в конвективних сушарках, а які — в контактних?
118. Охарактеризуйте спеціальні види сушіння: сублимацією, інфрачервоним промінням і в полі струмів високої частоти.
119. Назвіть методи інтенсифікації процесів сушіння.
120. Запишіть і проаналізуйте рівняння теплопровідності для різних видів температурного поля.