

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет біотехнології і біотехніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету біотехнології і
біотехніки

_____ О. М. Дуган
« _____ » _____ 2015 р.

_____ О. М. Дуган
« _____ » _____ 2016 р.

**“Процеси, апарати та устаткування виробництв галузі”-1“Процеси і апарати
біотехнологічних виробництв”**

ПП. 07.01

РОБОЧА ПРОГРАМА Кредитного модуля

Підготовки бакалаврів

Напряму 6.051401 – Біотехнологія

Програми професійного спрямування “Промислова біотехнологія”,
“Молекулярна біотехнологія”, “Екологічна біотехнологія та біоенергетика”

Форми навчання денна

Ухвалено методичною комісією
факультету біотехнології і біотехніки

Протокол від _____ 2015 р.

№ _____

Голова методичної комісії

_____ І. Р. Клечак
« _____ » _____ 2015 р.

Київ-2015

Робоча програма кредитного модуля **“Процеси, апарати та устаткування виробництв галузі”-1“Процеси і апарати біотехнологічних виробництв”**

Для студентів за напрямом підготовки 6.051401 – Біотехнологія

Програми професійного спрямування“Промислова біотехнологія”,

“Молекулярна біотехнологія”, “Екологічна біотехнологія та біоенергетика”

Освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, за денною формою навчання

Складена відповідно до програми навчальної дисципліни **Процеси, апарати та устаткування виробництв галузі”**

Розробники програми:

Доцент, канд.. техн.. наук, доцент

Ружинська Людмила Іванівна _____

Програму затверджено на засіданні

кафедри біотехніки та інженерії

Протокол від « 30 » червня 2015 р. № 12

Завідувач кафедри

_____ В.М Мельник

(підпис)

« 30 » червня 2015 р.

Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань 0514-Біотехнологія	Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль Процеси, апарати та устаткування виробництв галузі	Форма навчання <u>денна</u>
Напрямок підготовки 6.051401 – Біотехнологія	Кількість кредитів ECTS <u>6</u>	Статус кредитного модуля <u>нормативний</u>
програма професійного спрямування “Промислова біотехнологія”, “Молекулярна біотехнологія”, “Екологічна біотехнологія та біоенергетика”	Кількість розділів-6	Цикл, до якого належить кредитний модуль <u>професійної та практичної підготовки</u>
		Семестр <u>У</u>
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр	Загальна кількість годин <u>216 год.</u>	Лекції <u>36 год.</u>
		Практичні <u>36 год.</u>
		Лабораторні <u>18 год.</u>
	Тижневих годин: Аудиторних 5 год. СРС 7 год.	Самостійна робота <u>126 год.</u> (у тому числі на виконання індивідуальних завдань)
Вид та форма семестрового контролю <u>письмовий екзамен.</u>		

2.1. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- *використовувати знання фундаментальних розділів теорії тепло масообміну в дослідженнях та розробках процесів, апаратів та устаткування біотехнологічних виробництв;*
- *застосувати фундаментальні закони тепломасообміну для теоретичного аналізу конкретних технологічних процесів при розрахунку і проектуванні устаткування біотехнологічних, виробництв;*
- *на основі фундаментальних положень теорії фізичного моделювання розробляти експериментальні установки і виконувати експериментальні дослідження конкретних процесів, узагальнювати їх результати, розробляти рекомендації щодо шляхів удосконалення устаткування біотехнологічних виробництв;*
- *здійснювати оптимальний вибір конструкцій апаратів, устаткування біотехнологічних виробництв для реалізації заданих технологічних процесів.*

2.2. Основі завдання кредитного модуля:

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- 1) кінетичних закономірностей теплових процесів біотехнологічних виробництв та загальні принципи розрахунку апаратів;
- 2) фундаментальних закономірностей переносу маси, енергії, кількості руху та загальні принципи їх аналітичного опису;
- 3) фізико-хімічних основ теплових процесів, їх математичні моделі та принципи розрахунку відповідних апаратів;
- 4) конструкцій апаратів для реалізації процесів і особливостей їх розрахунку.

уміння:

- 1) на основі фундаментальних рівнянь статичної і кінетичної процесів будувати методичку розрахунку і виконувати параметричні обчислення апаратів, а саме:

- використовуючи закони і рівняння теплопередачі, а також дані щодо властивостей продукту, базуючись на способах інтенсифікації процесів теплопередачі, за допомогою стандартних методик розраховувати теплообмінні апарати;

- використовуючи кінетичні закономірності теплової дії на життєздатність мікроорганізмів, закономірності переносу теплової енергії у середовищах здійснювати розрахунок та підбирати методи та апаратуру для теплової стерилізації устаткування і поживних середовищ;

- використовуючи теоретичні основи явищ тепломасопереносу, гідродинаміки газорідних систем, кінетики мікробіологічних процесів, здійснювати розрахунки та вибір теплообмінних елементів для періодичного і неперервного культивування мікроорганізмів;

- використовуючи результати аналізу процесу теплообміну у випарних апаратах і дані щодо властивостей продукту, базуючись на методах оптимізації випарних установок, за допомогою стандартних методик, розраховувати одно - та багатокорпусні випарні установки;

- за результатами аналізу процесів сушіння та даних щодо властивостей сушильних агентів і одержуваного продукту, за допомогою стандартних методик проектувати сушильні установки;

2) на основі фундаментальних положень теорії фізичного моделювання розробляти експериментальні установки і виконувати експериментальні дослідження конкретних процесів із узагальненням їх результатів, а саме:

- використовуючи стандартні методики планування і здійснення наукових досліджень, за допомогою дослідних установок і контрольно-вимірювальних приладів в умовах наукової лабораторії або дослідної ділянки проводити експеримент;

- використовуючи експериментальні дані та обчислювальну техніку, за допомогою типових методик, програм і нормативно-технічної документації здійснювати математичну обробку експерименту та узагальнення його результатів.

3) на основі аналізу варіантів здійснювати оптимальний вибір конструктивних схем апаратів для реалізації заданих процесів технологічної схеми.

4) під час розробки технічної пропозиції, ескізного та технічного проектів і робочої конструкторської документації, використовуючи способи і методи інженерної графіки, принципи взаємозамінності та систему допусків і посадок, виконувати робочі креслення деталі, складальної одиниці та апарата в цілому.

3. Структура кредитного модуля

Назва розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	У тому числі			
		Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	СРС
1	2	3	4	5	6
Вступ	2	2			
Розділ 1. Основи гідравліки. Переміщення рідин та газів. Гідравлічні машини					
Тема 1.1. Гідростатика.	4	2			2
Тема 1.2. Гідродинаміка.	4	2			2
Тема 1.3. Гідравлічні машини	4	2			2
<i>Разом за розділом 1</i>	12	6			6
Розділ 2. Механічні та гідромеханічні процеси.					
Тема 2.1. Механічні процеси	2				2
Тема 2.2. Перемішування	6	2	2		2
Тема 2.3. Осадження	6	2	2		2
Тема 2.4. Фільтрування.	7	2	2		3
Тема 2.5. Центрифуги.	7	2	2		3
Тема 2.6. Очищення газів.	3				3
<i>Контрольна робота</i>	5		2		3
<i>Разом за розділом 2</i>	36	8	10		18

Розділ 3. Теплові процеси.					
Тема3.1. Теплопередача	18	4	4	4	6
Тема3.2. Теплообмінники	18	2	4	4	8
Тема3.3. Випарювання	18	2	8	4	4
<i>Разом за розділом 3</i>	54	8	16	12	18
Розділ 4. Масообмінні процеси.					
Тема4.1. Теорія масообмінних процесів	8	4			4
Тема4.2. Адсорбція, іонообмінні процеси	8	2	2		4
Тема 4.3. Перегонка та ректифікація	2				2
Тема4.4. Екстракція	6	2	2		2
Тема4.5. Сушіння.	20	4	6	6	4
Тема 4.6. Кристалізація та розчинення	2				2
<i>Разом за розділом 4</i>	46	12	8	6	18
<i>Екзамен</i>	30				30
<i>Всього годин</i>	180	36	36	18	90

4. Лекційні заняття

№ п/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Зміст і завдання дисципліни. Класифікація основних технологічних процесів. Основні закони, яким підпорядковані технологічні процеси. Загальні принципи аналізу та розрахунку процесів і апаратів. СРС. Основи раціональної побудови апаратів. Методи інтенсифікації процесів біотехнологічних виробництв. Технології, що застосовуються в біотехнологічних виробництвах. [4-6, 8-9]
2	Гідростатика. Основні поняття та визначення. Фізичні властивості рідини. Розподіл тиску по об'єму рідини. Закон Паскаля. Диференційні рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики. Практичне застосування основного рівняння гідростатики. . [4-6, 8-9]

3	Гідродинаміка. Основні поняття та визначення. Характеристики руху рідин. Рівняння нерозривності потоку. Диференційні рівняння руху Ейлера та Нав'є-Стокса. Рівняння Бернуллі. Практичне застосування рівняння Бернуллі. Визначення витрат рідини і середньої швидкості в круглій трубі. Формула Пуазейля.. . [4-6, 8-9]
4	Гідродинамічна подібність. Теореми подібності. Гідрравлічний опір в трубопроводах. Рух тіл в рідинах. Турбулентний рух. Структура потоку. Товщина в'язкого підшару. Втрати напору по довжині. Гідрравлічна шорсткість труб. Особливості гідрравлічного розрахунку трубопроводів для транспортування рідин. Гідрравлічний удар в трубах. Рух рідини через зернисті та пористі шари. Гідродинаміка киплячих зернистих шарів. . [4-6, 8-9]
5	Гідромеханічні процеси. Перемішування. Механічне перемішування. Оцінка ефективності, поточне і пневматичне перемішування. Будова і розрахунок мішалок. Витрати енергії на перемішування. . [4-6, 8-9]
6	Класифікація неоднорідних систем і способи їх розділення. Осадження. Загальна характеристика. Загальне рівняння швидкості осідання. (Рівняння Архімеда, Ляшенка, Стокса). Періодичні та безперервні відстійники, їх розрахунок. Принцип роботи відстійних і фільтрувальних центрифуг. . [4-6, 8-9]
7	Фільтрування. Класифікація способів фільтрування. Основні рівняння фільтрування. Розрахунок продуктивності за сталої швидкості фільтрування і за сталому перепаді тисків. Методика розрахунку фільтрів. СРС. Конструкції фільтрів. . [4-6, 8-9]
8	Центрифугування. Відцентрове фільтрування. Закономірності осаджування у відцентровому полі. Фактор розділення. Методика розрахунку центрифуг.СРС. Конструкції центрифуг. . [4-6, 8-9]
9	Основи теплопередачі. Методи поширення тепла в просторі. Теплові баланси. Передача тепла теплопровідністю, тепловим випромінюванням. [4-6, 7-9]
10	Конвективний теплообмін в умовах вимушеної та вільної конвекції. Критерії теплової подібності. Теплообмін в умовах зміни агрегатного стану. Кипіння. Конденсація. . [4-6, 8-9]
11	Нагрівання. Способи нагрівання, гріючі агенти. Охолоджувальні агенти. Способи охолодження та конденсації. Особливості конструкції та розрахунок теплообмінних апаратів. Гідрравлічний розрахунок теплообмінників. СРС. Одноходові, багатоходові кожухотрубні, трубчасті, типу «труба в трубі», змійовикові, зрошувальні та пластинчасті теплообмінники . [4-6, 8-9]
12	Випарювання. Однокорпусні випарні установки. Матеріальні та теплові баланси. Плівкові та роторні випарні установки. Розрахунок випарних установок. [4-6, 7-9]
13	Масообмінні процеси. Основні закони дифузії (молекулярна, конвективна). Способи інтенсифікації. Масовіддача і масопередача. Рівновага при масопередачі. Швидкість масопередачі. Рушійна сила

	процесів масопереносу . . [4-6, 8-9]
14	Масопередача з твердою фазою. Сорбція, абсорбція. Загальні відомості. Адсорбція, іонообмінні процеси. Загальні відомості. . [4-6, 8-9]
15	Перегонка та ректифікація. Види перегонки. Проста перегонка. Дефлегмація. Флегмове число. Матеріальний баланс простої перегонки. Ректифікаційні апарати. Азеотропна ректифікація. СРС. Конструкції колонних апаратів. [4-6, 7-9]
16	Екстракція в системі рідина-рідина. Рівновага в системі рідина-рідина. Методи екстракції. Будова та розрахунок екстракційних апаратів. Екстракція в системі «тверде тіло-рідина». Екстракція. [4-6, 7-9]
17	Сушіння. Основні параметри вологого повітря. І-Х діаграма вологого повітря. Рівновага при сушінні. Матеріальний і тепловий баланс сушіння. Визначення параметрів повітря і тепла на сушіння. . [4-6, 8-9]
18	Кінетика сушіння . Форми зв'язку вологи з матеріалом. Криві сушіння та швидкості сушіння. Перший та другий періоди сушіння. Визначення тривалості процесу сушіння. . [4-6, 8-9]

5. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають в ознайомленні студентів з сучасними методиками розрахунків процесів, апаратів та устаткування біотехнологічних виробництв виробництв та набутті досвіду виконання матеріальних, теплових конструктивних розрахунків апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів.

№ п/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Розрахунок потужності , що витрачається на перемішуванні в апаратах з механічним перемішуючим пристроєм. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. . [4-6, 7-9]
2	Розрахунок швидкості осадження.СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням.[4-6, 7-9]
3	Розрахунок продуктивності фільтра. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
4	Розрахунок осаджувальної центрифуги. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
5	Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі в умовах вимушеної конвекції.СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
6	Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі при кипінні та конденсації. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
7	Тепловий розрахунок теплообмінника. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
8	Гідравлічний розрахунок теплообмінника. СРС. Виконання розрахунку

	за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
9	Модульна контрольна робота
10	Розрахунок вакуум-випарного апарату. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
11	Розрахунок вакуум-випарного апарату. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
12	Розрахунок багатокорпусної випарної установки (БВУ). Матеріальний баланс БВУ. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
13	Розрахунок багатокорпусної випарної установки (БВУ). Тепловий баланс БВУ.СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
14	Розрахунок розпилювальної сушарки. Визначення параметрів повітря. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
15	Розрахунок розпилювальної сушарки. Визначення розмірів сушарки. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
16	Розрахунок кридинної екстракції. Трикутна діаграма. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. [4-6, 7-9]
17	Розрахунок процесу адсорбції. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням.[1-3]
18	Розрахунок іонообмінного процесу. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням.[1-3]

6. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних робіт полягають ознайомленні студентів з методиками проведення експериментальних досліджень роботи апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів та набуття досвіду здійснювати математичну обробку експериментальних даних, проведення їх аналізу та узагальнення результатів.

№ п/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Дослідження процесу конденсації водяної пари. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Література [5,6]
2	Дослідження процесу теплопередачі у змішувальному теплообміннику. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Література [5,6]
3	Дослідження процесу випарювання розчину. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Література [5,6]
4	Дослідження процесу сушіння зернистого матеріалу. СРС. Обробка

результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Література [5,6]

6. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість аудиторних годин
4	Гідравлічні машини та їх класифікація. Схема насосної установки. Насоси. Основні параметри насосів. Будова і принцип дії відцентрових та поршневих насосів. Визначення робочих точок. Регулювання подачі рідини відцентровим насосом. Поршневі ротаційні, водокільцеві насоси, принцип їх дії, розрахунок продуктивності, ККД. [4-6, 7-9]	3
5	Типи вентиляторів, газодувок, компресорів. Загальні відомості.	3
6	Механічні процеси та їх класифікація. Загальні відомості. Подрібнення, сортування, пресування, гранулювання. Витрати енергії. Основні типи подрібнювачів (дробарок), принцип роботи. [4-6, 7-9]	4
11	Конструкції фільтрів. [4-6, 7-9]	4
	Конструкції центрифуг. [4-6, 7-9]	4
14	Очищення газів. Класифікація газових неоднорідних систем і способи їх розділення. Фільтрування газів (димів). Механічне, мокре і електричне очищення. Скрубер Вентурі. [4-6, 7-9]	4
16	Конструкції теплообмінників. Одноходові, багатходові кожухотрубні, трубчасті, типу «труба в трубі», змійовикові, зрошувальні та пластинчасті теплообмінники. [4-6, 7-9].	4
20	Конструктори абсорберів. [4-6, 7-9]	4
21	Конструкції колонних апаратів. [4-6, 7-9]	4
23	Конструкції та розрахунок екстракційних апаратів. [1-3]	4
21	Перегонка та ректифікація. Види перегонки. Проста перегонка. Дефлегмація. Флегмове число. Матеріальний баланс простої перегонки. Ректифікаційні апарати. Азеотропна ректифікація. Конструкції колонних апаратів [4-6, 7-9]	4
25	Варіанти процесів сушіння. Швидкість сушіння. [4-6, 7-9]	4
26	Кристалізація та розчинення. Загальні відомості. Способи ведення та інтенсифікація процесу. [4-6, 7-9]	4

7. Контрольні роботи

У V семестрі модульна контрольна робота виконується за розділом 2. Мета модульної контрольної роботи – виявити знання, щодо конструкцій і

технологічних характеристик апаратів для розділення неоднорідних газових та рідинних систем, методик розрахунку основних розмірів та технологічних параметрів відстійників, фільтрів, центрифуг біотехнологічних виробництв.

Питання до МКР наведені в додатку А.

8. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

РСО наведене в додатку Б.

9. Методичні вказівки

Самостійна робота призначена для поглиблення знань з даного курсу і змістом її є вивчення конструкцій машин для переміщення рідин і газів (насосів, компресорів, вентиляторів), теплообмінних апаратів, сушарок, машин і апаратів для подрібнювання твердих матеріалів, розділення неоднорідних систем, перемішування, абсорбції, адсорбції, десорбції, ректифікації, кристалізації, розчинення, екстракції й мембранного розділення рідких і газоподібних систем і оформлення журналу конструкцій;

Для успішного вивчення кредитного модуля необхідно організувати систематичну самостійну роботу студентів, яка складається з проробки лекційного матеріалу, підготовки до лабораторних робіт, складання конспекту за темами та питаннями, що винесені на СРС, та підготовки до модульної контрольної роботи. Питання, що винесені на самостійне вивчення, орієнтовані на розвиток інтелектуальних умінь, професійних здатностей, підвищення творчого потенціалу студента і полягає в самостійному пошуку, аналізі та структуруванні, науково технічної інформації.

При викладенні лекційного матеріалу викладач звертає увагу на проблемні ситуації, що виникають в процесі проектування, аналізує причини виникнення, пропонує шляхи їх вирішення. При складанні завдань для виконання практичних занять та лабораторних робіт враховуються можливості багатоваріантного вирішення задачі з необхідністю обґрунтування студентом найкращого варіанту.

10. Рекомендована література

10.1. Базова

1. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв [Текст]. Ч.І. Ферментація: Навч. посібник / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 240 с.

2. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв [Текст] / Ч.ІІ. Оброблення культуральних рідин: Навч. посібник / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 296 с.

3. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв [Текст] / Ч.ІІІ.

Основи проектування мікробіологічних виробництв Навч. посібник/Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 252 с.

4. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підручник/ Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011.-Ч.1-416с.

5. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підручник/ Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011.-Ч.2-416с.

6. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии.[Текст]/ Н.И. Гельперин: Ч. 1, 2.–М.: Химия, 1981.–811 с.

7. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. [Текст]/К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, В.Н. Носков.– Л.: Химия, 1987. – 576 с.

8. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: Пособие по проектированию/ под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1982. – 772 с.

9. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии [Текст]: учеб. В 2-х частях/Ю.И. Дытнерский.– М.: Химия, 1995.

10. Айба Ш. Биохимическая технология и аппаратура [Текст]: пер. с англ. / Ш. Айба, А. Хемфри, Н. Миллис. – М.: Мир, 1975.–287 с.

11. Виестур У.Э. Культивирование микроорганизмов.[Текст]/У.Э. Виестур, М. Ж. Кристасонс, Е.С. Былинкина. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 231 с.

12. Перт С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток [Текст]/С. Дж. Перт. – М.: Мир, 1978. – 331 с.

13. Федосеев К.Г. Физические основы и аппаратура микробного синтеза биологически активных соединений.[Текст]/ К.Г. Федосеев. – М.: Медицина, 1977. – 304 с.

14. Соколов В.М. Аппаратура микробиологической промышленности [Текст]/ В.М. Соколов, М.А. Яблокова.– Л.: Машиностроение. Ленингр. отд – е. 1988. – 278 с

10.2 Додаткова

1. Гапонов К.П. Процессы и аппараты микробиологических производств [Текст]/К.П. Гапонов.- М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1981, - 240 с.

2. Кантере В.М. Основы проектирования предприятий микробиологической промышленности [Текст]/В.М. Кантере, М. С. Мосичев, М.И. Дорошенко и др.- М.: ВО «Агропромиздат», 1990, 304 с.

3. Федосеев К.Г. Процессы и аппараты биотехнологии в химико-фармацевтической промышленности [Текст]/ К.Г. Федосеев. – М.: Медицина, 1969. – 199 с.

4. Мосичев М. С. Общая технология микробиологических производств [Текст]/М.С. Мосичев, А.А. Складнев, В.Б. Котов. - М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1982. – 264 с.

5. Калунянц К.А. Оборудование микробиологических производств [Текст]/ К.А. Калунянц, Л.И. Голгер, В.Е. Балашов. – М.: Агропромиздат, 1987.- 398 с.

6. Чуешов В. И. Промышленная технология лекарств[Текст]: учеб. в 2 томах./ В.И. Чуешов, М.Ю. Чернов, Л.М. Хохлов и др.; под ред. профессора В.И. Чуешова. – Х.: МТК – Книга; Издательство ИФАУ – 2002.
7. Бакластов А.М. Промышленные тепломассовые процессы и установки[Текст]/А.М. Бакластов, В.В. Горбунко, П.Г. Удыма. – М.: Энергоиздат, 1986. – 328 с.
8. Бакластов А.М. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок[Текст] /А.М. Бакластов, В.В. Горбунко, П.Г. Удыма.– М.: Энергоиздат, 1981. – 336 с.
9. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии[Текст]/ И.Л. Иоффе.– Л.: Химия, 1991. – 352 с.
10. Стабников В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств[Текст]/В.Н. Стабников, В.М. Лысянский, В.Д. Попов В.Д. – М.: Агропромиздат, 1985. – 510 с.
11. Брык М.Т. Мембранная технология в пищевой промышленности[Текст]/ М.Т. Брык, В.Н. Голубев, А.П. Чагаровский. – К.: Урожай, 1991. – 222 с.
12. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы[Текст]/.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1986 – 272 с.
13. Стабников В.Н. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств[Текст] / Под ред. В.Н. Стабникова. – К.: Вища школа, 1982. – 199 с.
14. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности[Текст]/ А.С. Гинзбург. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
15. Карпов А.М. Саруханов А.В. Теплофизические и физико-химические характеристики продуктов микробиологического синтеза[Текст]: Справочник/ А.М. Карпов, А.В. Саруханов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
16. Исаченко В.П. Теплопередача [Текст]/В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел.– М.: Энергия, 1981.–417 с
17. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче [Текст]/Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел. – М.: Энергия, 1980.–287с.
18. Клузов П.А. Очистка от пыли газов и воздуха [Текст]– Л.: Химия, 1982.–256 с.
19. Жужиков В.А. Фильтрация: Теория и практика разделения суспензий [Текст]/В.А. Жужиков –М.: Химия, 1980. –400 с.
20. Соколов В.И. Центрифугирование [Текст]/В.И. Соколов– М.: Химия, 1976. –408 с.
21. Васильцов Э.А. Аппараты для перемешивания жидких сред [Текст]/ Э.А. Васильцов, В. Г. Ушаков. –Л.: Машиностроение, 1979. – 277 с.
22. Стренг Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками [Текст]: пер. с польск./Ф. Стренг.– Л.: Химия, 1975. –384с.
23. Брагинский Л.Н. Перемешивание жидких сред: Физические основы и инженерные методы расчета[Текст]/Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. –Л.: Химия, 1984. –336с.
24. Гельперин Н.И. Основы техники псевдоожижения[Текст]/ Н.И. Гельперин, В.Г. Апштейн, В.П. Кваша. –М.: Химия, 1977. –664с.
25. Мікульонок І.О. Проектування рідинних колонних екстракторів[Текст]/ І.О. Мікульонок. – К.: ІЗМН, 1996.–100с.

Питання до МКР

1. Критерії подібності гідромеханічних процесів.
2. Критеріальні рівняння для визначення швидкості осадження.
3. Аналіз конструкцій відстійників.
4. Визначення процесу фільтрування.
5. Поняття рушійна сила процесу фільтрування.
6. Диференціальне рівняння фільтрування.
7. Розрахунок продуктивності фільтру.
8. Особливості процесу центрифугування.
9. Приклади використання центрифуг в технологічних процесах біотехнологічних виробництв.
10. Аналіз конструкцій центрифуг.
11. Розрахунок продуктивності центрифуги.
12. Рівняння для визначення потужності, що витрачається на перемішування рідких середовищ.