



УСТАТКУВАННЯ ВИРОБНИЦТВ ГАЛУЗІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 - Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>162 – Біотехнології та біоінженерія</i>
Освітня програма	<i>Біотехнології</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Заочна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів (180 годин): лекцій – 10 годин, практичні роботи – 8 годин, лабораторні роботи – 4 годин, СРС – 158 годин.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>На сайтах http://roz.kpi.ua та https://schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>к.т.н., доц. каф. БТ та І, Костик Сергій Ігорович, 044-204-94-51, kostyksergey@ukr.net ст. викл. каф. БТ та І, Остапенко Жанна Ігорівна, 044-204-94-51, zhanna.ost@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Кампус, Google classroom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Сучасний технічний розвиток виробництва вимагає підготовки висококваліфікованих фахівців здатних до самостійної творчої роботи, впровадження у виробництво наукомістких технологій.

Висококваліфікований фахівець зі спеціальності Біотехнології та біоінженерія повинен володіти глибокими теоретичними знаннями для розробки рекомендацій щодо шляхів удосконалення технологічних процесів біотехнологічних виробництв, здійснення оптимального вибору конструкцій апаратів, устаткування для реалізації заданих технологічних процесів.

Предметом навчальної дисципліни «Устаткування виробництв галузі» є теоретичні засади механічних, гідромеханічних, теплових та дифузійних процесів, які відбуваються та використовуються під час підготовки поживних середовищ, підготовки повітря, культивування біологічних агентів та при виділенні, очищенні біологічно активних речовин (БАР) і при отриманні мікробних мас, особливості конструкцій, принципи розрахунку, вибору та експлуатації основного устаткування біотехнологічних виробництв.

Метою навчальної дисципліни «Устаткування виробництв галузі» є вивчення теоретичних закономірностей гідродинамічних, теплових, масообмінних процесів

ферментації та обробки культуральних рідин, ознайомлення студентів з особливостями конструкцій та методик розрахунку машин і апаратів для практичної реалізації вказаних процесів, устаткування для проведення перед ферментаційних, ферментаційних процесів, процесів концентрування, відділення цільових продуктів біосинтезу та очищення нативних розчинів, процесів сушіння.

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

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 1);
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 5);
- Здатність здійснювати аналіз нормативної документації, необхідної для забезпечення інженерної діяльності в галузі біотехнології (ФК 3);
- Здатність використовувати методології проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 8);
- Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 9);
- Здатність складати технологічні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 10);
- Здатність складати апаратні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 11);
- Здатність аналізувати та проектувати виробництва біотехнологічної продукції харчового, фармацевтичного, парафармацевтичного та природоохоронного характеру на основі процесів мікробного синтезу (ФК 17).

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- Вміти застосовувати сучасні математичні методи для розв'язання практичних задач, пов'язаних з дослідженням і проектуванням біотехнологічних процесів. Використовувати знання фізики для аналізу біотехнологічних процесів (ПРН 01).
- Вміти застосовувати положення нормативних документів, що регламентують порядок проведення сертифікації продукції, атестації виробництва, вимоги до організації систем управління якістю на підприємствах, правила оформлення технічної документації та ведення технологічного процесу, базуючись на знаннях, одержаних під час практичної підготовки (ПРН 4);
- Базуючись на знаннях про закономірності механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів та основних конструкційних особливостях, вміти обирати відповідне устаткування в процесі проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення для забезпечення їх максимальної ефективності (ПРН 15);
- Базуючись на знаннях, одержаних під час практики на підприємствах та установах, вміти здійснювати проектний розрахунок технологічного обладнання (ПРН 16);
- Вміти складати матеріальний баланс на один цикл виробничого процесу, специфікацію обладнання та карту постадійного контролю з наведенням контрольних точок виробництва (ПРН 17);
- Вміти здійснювати обґрунтування та вибір відповідного технологічного обладнання і графічно зображувати технологічний процес відповідно до вимог нормативних документів з використанням знань, одержаних під час практичної підготовки (ПРН 18).
- Вміти аналізувати та проектувати спеціальні біотехнологічні виробництва із виготовлення продукції різного функціонального та галузевого призначення (ПРН 25).

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

Дисципліна **«Устаткування виробництв галузі»** допомагає інтегрувати знання, отримані при вивченні фахових дисциплін (**“Процеси і апарати біотехнологічних виробництв”, “Біохімія”, “Загальна мікробіологія і вірусологія”, “Біологія клітини”, “Загальна біотехнологія”**), а також дисциплін циклу природничо-наукової підготовки (**“Вища математика”, “Фізика”, “Фізична хімія”** тощо) і використовувати їх у майбутній професійній діяльності. Вказана дисципліна є одною з визначальних у підготовці майбутнього кваліфікованого біотехнолога: знання, одержані при вивченні цієї дисципліни, необхідні для виконання курсових і дипломних проектів.

3. Зміст навчальної дисципліни.

«Устаткування виробництв галузі»

Розділ 1. Устаткування для концентрування та відділення цільових продуктів біосинтезу та очищення нативних розчинів.

Тема 1. Класифікація однорідних і неоднорідних систем та способи їх розділення.

Тема 2. Осадження в полі гравітаційних та відцентрових сил. Обладнання для відстоювання.

Тема 3. Фільтрація. Обладнання для фільтрування.

Тема 4. Сепарація і центрифугування. Обладнання для сепарації і центрифугування.

Тема 5. Гомогенізація і перемішування. Конструкції перемішуючих пристроїв.

Тема 6. Мембранні процеси. Мембранні апарати.

Розділ 2. Перед ферментаційні процедури і відповідне обладнання.

Тема 1. Підготовка та стерилізація рідких живильних середовищ.

Тема 2. Методи та обладнання для стерилізації повітря.

Розділ 3. Основи вибору та розрахунку ферментаційної апаратури.

Тема 1. Конструкційні схеми ферментаційної апаратури.

Тема 2. Статика процесів біосинтезу.

Тема 3. Розрахунок процесів гідродинаміки у ферментаційному обладнанні.

Тема 4. Розрахунок процесів тепло та масопереносу в ферментаційному обладнанні.

Розділ 4. Устаткування для оброблення нативних розчинів та біомас. Сушіння продуктів мікробного синтезу та відповідне обладнання.

Тема 1. Сорбція, екстракція, іонообмін та відповідне обладнання.

Тема 2. Сушіння. Обладнання для сушіння продуктів біосинтезу.

Тема 3. Перегонка та ректифікація та відповідне обладнання.

Тема 4. Кристалізація та розчинення та відповідне обладнання.

Базові інформаційні ресурси

1. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування [Текст]/Навч. посібник / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: «Інтелект-Захід», 2008. – 736 с.
2. 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.
3. 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.
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. 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.2-416 с.
6. Врагов А.П. Масообмінні процеси та обладнання хімічних та газонафтопереробних виробництв: Навч. посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 284 с.

Додаткові інформаційні ресурси

1. Технологічне обладнання біотехнологічної і фармацевтичної промисловості: підручник / М.В. Стасевич, А.О. Милянч, Л.С. Стрельников та ін.– Львів: «Новий Світ-2000», 2017. – 410 с.
2. Ружинська Л.І. Проектування реакторів змішувачів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв. Навч. посібник/Укладачі: Л.І. Ружинська, І А Буртна, В.М. Поводзинський, В.Ю. Шибецький – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 130 с.

Інформаційні ресурси

1. Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв. Лабораторний практикум (Частина 1) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ., які навчаються за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія», освітньої програми «Біотехнології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. І. Ружинська, М. В. Шафаренко, О. В. Воробйова. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,31 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 76 с. (3,8 ав. арк) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41330>
2. Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв-2. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» освітньої програми «Біотехнології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. І. Ружинська, М. В. Шафаренко, О. В. Воробйова. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,40 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 66 с. (3,3 ав. арк) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35989>
3. Устаткування виробництв галузі. Курсовий проєкт [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Біотехнології» спец. 162 Біотехнології та біоінженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Калініна М. Ф., Костик С. І., Фесенко С. В., Остапенко Ж. І. – Електрон. текст. дані (1 файл: 29,81 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 138 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/73708>

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента).

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни **«Устаткування виробництв галузі»**, 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;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітко і адекватне їх формулюваннях);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів і зразків;
- викладання матеріалів лекцій 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	Класифікація біотехнологічних процесів за технологічними ознаками, способи їх реалізації. Загальні методи біотехнології та апаратура для процесів біосинтезу. Література: [1-5]	1
2	Стерилізаційні процедури. Устаткування для періодичної і безперервної стерилізації. Література [1-5]	2
3	Методи стерилізації повітря під час культивування мікроорганізмів. Розрахунок потреб культури продуцента БАР у розчиненому повітрі. Література [1-5]	1
4	Ферментаційне обладнання. Типи ферментерів за особливістю процесу біосинтезу. Література [1-5]	2
5	Обладнання для відділення біомаси від нативного розчину. Класифікація та обґрунтування вибору обладнання для відділення біомаси від нативного розчину. Література [1-5]	1
6.	Мембранні процеси концентрування і розділення: мікрофільтрування, ультрафільтрування, нанофільтрування, зворотний осмос. Література [1-5]	1
5	МКР	2
	Всього годин	10

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по дисципліні **«Устаткування виробництв галузі»**, практичні заняття займають 40 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра по спеціальності Біотехнології та біоінженерія. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають наукове

мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області процесів і апаратів біотехнологічних виробництв,.
- ознайомити студентів з сучасними методиками розрахунків процесів, апаратів та устаткування біотехнологічних виробництв;
- навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунку за стандартними методиками;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою і програмним забезпеченням для виконання розрахунків;
- допомогти студентам набути досвід проведення аналізу конструкцій апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів;
- навчити студентів виконувати матеріальні, теплові конструктивні розрахунків апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масо обмінних процесів.
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Осадження в полі гравітаційних і відцентрових сил. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	1
2	Розрахунок барабанного вакуум фільтра. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	1
3	Розрахунок сепаратора. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	1
4	Розрахунок потужності, що витрачається на перемішування в ферментері з механічним перемішуючим пристроєм. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	1
5	Тепловий розрахунок ферментера. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	1
6	Розрахунок барботера. Розрахунок ейрліфтного ферментера. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	1
7	Розрахунок ультрафільтраційного апарату. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	1
8	Розрахунок насадкового абсорбера. Розрахунок ректифікаційної колони. Література: [1-5] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [1-5]	1
	Всього годин	8

Лабораторні заняття

У системі професійної підготовки студентів з дисципліни «Устаткування виробництв галузі» лабораторні заняття займають 20 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра по спеціальності Біотехнології та біоінженерія.

Основні завдання циклу лабораторних робіт:

- ознайомити студентів з методиками проведення експериментальних досліджень роботи апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масо обмінних процесів;
- допомогти студентам набутися досвід проведення експериментальних досліджень роботи апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масо обмінних процесів;
- допомогти студентам набутися досвід математичної обробки експериментальних даних, проведення їх аналізу та узагальнення результатів.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Дослідження процесу фільтрування. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Оформлення протоколу. Література [1-4]	1
2	Дослідження процесу перемішування рідини. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Оформлення протоколу. Література [1-4]	1
3	Дослідження процесу дистиляції бінарних сумішей. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Оформлення протоколу. Література [1-4]	1
4	Дослідження псевдозрідженого шару. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Оформлення протоколу. Література [1-4]	1
	Всього годин	4

5. Самостійна робота студента.

Самостійна робота займає 90 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до екзамену. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знань в областях, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі.

Самостійна робота призначена для поглиблення знань з даного курсу. Особливу увагу потрібно приділити вивченню 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.

При самостійному вивченні студентами конструкцій машин, апаратів устаткування біотехнологічних виробництв, необхідно проаналізувати фактори, що впливають на протікання процесів, рівень впливу на процес конструктивних особливостей апаратів, шляхи

вдосконалення конструкцій, резерви для інтенсифікації ефективності процесів. Питання, що винесені на самостійне вивчення, орієнтовані на розвиток інтелектуальних умінь, професійних здатностей, підвищення творчого потенціалу студента і полягає в самостійному пошуку, аналізу та структуруванні, науково технічної інформації.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1.	Класифікація неоднорідних систем і способи їх розділення. Осадження. Загальна характеристика. Загальне рівняння швидкості осідання. (Рівняння Архімеда, Ляшенка, Стокса). Способи розділення неоднорідних систем. Література: [1-5]	4
2	Осадження в полі гравітаційних та відцентрових сил. Обладнання для відстоювання. Періодичні та безперервні відстійники, їх розрахунок. Принцип роботи відстійних і фільтрувальних центрифуг. СРС. Механізми передачі теплоти в металах, діелектриках, напівпровідниках, рідинах, газах. Література: [1-5]	4
3.	Фільтрування. Класифікація способів фільтрування. Основні рівняння фільтрування. Розрахунок продуктивності за сталої швидкості фільтрування і за сталому перепаді тисків. Методика розрахунку фільтрів. СРС. Конструкції фільтрів. . Література: [1-5]	4
4.	Центрифугування. Сепарація. Закономірності осаджування у відцентровому полі. Фактор розділення. Методика розрахунку центрифуг і сепараторів. СРС. Конструкції центрифуг. Література: [1-5]	4
5.	Перемішування. Механічне перемішування. Оцінка ефективності, гідравлічне і пневматичне перемішування. Будова і розрахунок мішалок. Витрати енергії на перемішування. Література: [1-5]	4
6.	Стерилізаційні процедури. Устаткування для періодичної і безперервної стерилізації. Інженерна реалізація способів стерилізації апаратури та комунікацій. Вибір лінії УНС і технологічні розрахунки лінії. СРС. Конструкції нагрівальних колонок, трубчатих та об'ємних витримувачів. [1-5]	4
7.	Методи стерилізації повітря під час культивування мікроорганізмів. Розрахунок потреб культури продуцента БАР у розчиненому повітрі. Механізми зсідання частинок, які забезпечують тонке очищення повітря: інерційний, дифузійний, захоплення, седиментація, електро осадження. Розрахунок коефіцієнтів осадження для різних механізмів осадження. Література [1-5]	4
8.	Ферментаційне обладнання. Типи ферментерів за особливістю процесу біосинтезу. Класифікація ферментерів за конструкцією, способом введення енергії та перемішування. Реактори ідеального змішування і витиснення. Конструкції ферментерів ємкісного типу з механічними перемішувачами пристроями. Ферментери з пневматичним перемішуванням. СРС. Інші конструкції ферментерів для глибинного культивування продуцентів. Типова обв'язка ферментера для глибинної ферментації. . Література [1-5]	4

9.	Статика процесів біосинтезу. Розрахунок матеріальних балансів процесів біосинтезу. Інтегральні стехіометричні рівняння процесів. Розрахунок об'ємів ферментаційної апаратури у періодичних процесах, а також безперервних процесах (одно- і багатоступеневе гомогенне культивування, від'ємно-доливний спосіб, культивування з рециркуляцією біомаси). Література [1-5]	4
10.	Гідродинамічні процеси у ферментерах. Особливості перемішування газорідних систем. Визначення потужності, що витрачається на перемішування в ферментерах з механічним перемішуючим пристроєм і барботером. Конструкції барботерів. Розрахунок барботерів. Література [1-5]	4
11.	Розрахунок теплового ефекту біосинтезу. Розрахунок теплової потужності, що виникає при синтезі біомаси (визначення тепловиділень, що виникають при синтезі біомаси, у статиці і динаміці). Тепловий ефект від перемішування культуральної рідини і розрахунок потрібної площі теплообміну. Типи та розрахунок теплообмінних пристроїв ферментерів. Порядок розрахунку теплообмінного пристрою ферментера. . Література [1-5]	4
12.	Об'ємний коефіцієнт масопередачі за киснем під час культивування мікроорганізмів, експериментальні методи його визначення (динамічний, інтегральний, балансовий, дегазування, сульфідний). Час гомогенізації. Мікро- і макро перенесення. Вплив питомої поверхні контакту фаз (газ-рідина, рідина-клітина) на швидкість сорбції кисню. Особливості масо перенесення під час барботажної аерації і пневмомеханічного перемішування. . Література [1-5]	4
13.	Масовіддача і масо передача. Рівновага при масо передачі. Швидкість масо передачі. Рушійна сила процесів масо переносу . Маса передача з твердою фазою. Сорбція, абсорбція, адсорбція, іонообмінні процеси. Література: [1-5]	4
14.	Мембранні процеси концентрування і розділення: мікрофільтрування, ультрафільтрування, нанофільтрування, зворотний осмос. Поняття про селективність і проникливість мембран. Теорія рівноваги Доннана. Класифікація мембран. Існуючі і перспективні конструкції апаратів для баромембранних процесів очищення і концентрування продуктів мікробіологічного синтезу. Література [1-5]	4
15.	Перегонка та ректифікація. Види перегонки. Проста перегонка. Дефлегмація. Флегмове число. Матеріальний баланс простої перегонки. Ректифікаційні апарати. Азеотропна ректифікація. СРС. Конструкції колонних апаратів. Література: [1-5]	4
16.	Сушіння. Основні параметри вологого повітря. I-X діаграма вологого повітря. Рівновага при сушінні. Матеріальний і тепловий баланс сушіння. Визначення параметрів повітря і тепла на сушіння. Література: [1-5]	4
17.	Кінетика сушіння. Форми зв'язку вологи з матеріалом. Криві сушіння та швидкості сушіння. Перший та другий періоди сушіння. Визначення тривалості процесу сушіння. Література: [1-5]	4
18.	Підготовка до МКР	12
19.	Підготовка до захисту практичних робіт	12
20.	Підготовка до захисту лабораторних робіт	16
21.	Підготовка до захисту альбому конструкцій	12

22.	Підготовка до екзамену	36
18.	Екзамен	2
	Всього годин	158

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента).

Правила відвідування занять

Відвідування аудиторних занять є важливим компонентом для успішного засвоєння дисципліни, однак, відсутність на аудиторних заняттях не передбачає нарахування штрафних балів, оскільки фінальний рейтинговий бал студента формується виключно на основі оцінювання результатів навчання. Якщо студент з поважних причин був відсутній на лекційному чи практичному занятті він має самостійно опрацювати пройдений матеріал, а у випадку пропуску лабораторного заняття чи заняття із контрольними заходами, зобов'язаний домовитись із викладачем про його відпрацювання в резервний день.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Заохочувальні та штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

Навчання іноземною мовою. У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

Політика дедлайнів та перескладань

Всі види робіт передбачені силабусом навчальної дисципліни мають виконуватись вчасно, у встановлені викладачем терміни для можливості отримання максимального балу.

Контрольні заходи (МКР) та завдання на практичних і лабораторних заняттях виконуються студентами за розкладом, у встановлений для групи час, (виключення – перенесення написання групою (або окремих студентів) в зв'язку з необхідним дотриманням безпекових умов або з попередженням викладача та офіційним підтвердженням причини відсутності студента на написанні разом з групою).

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

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>

Плагіат та інші форми не доброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здача заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

У випадку виявлення випадків академічної недоброчесності чи плагіату в індивідуальних видах робіт (звітів з лабораторних і практичних робіт та альбому конструкцій) студент зобов'язаний переробити даний вид робіт відповідно до власного варіанту завдання до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія).

У разі виявлення академічної недоброчесності під час виконання модульної контрольної роботи (МКР) – результати контрольного заходу не враховуються, повторне написання МКР передбачено за розкладом консультацій чи в інший узгоджений з викладачем час, однак, до початку ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія).

У разі виявлення академічної недоброчесності під час виконання залікової роботи студент усувається з заліку і може повторити спробу здачі семестрового контролю під час ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія).

При виконанні індивідуальних самостійних завдань (звітів з лабораторних і практичних робіт та альбому конструкцій) не допускається використання в списку використаної літератури російськомовних джерел.

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають 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. Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, вести конструктивний діалог і 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>

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

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

Семестр	Начальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи	
	кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	Семестрова атестація
6	6	180	10	8	4	158	1	Екзамен

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

- 1) Виконання та захист 8-ми завдань на практичних заняттях – 24 балів;
- 2) Виконання та захист 4-х лабораторних робіт – 20 балів;
- 3) МКР – 10 балів;
- 4) Виконання альбому конструкцій апаратів – 6 балів.

Система рейтингових балів

1. Виконання і захист практичних робіт.

Максимальна кількість балів за кожне практичне завдання дорівнює - 3, з яких 2 бали за повне правильне і вчасне виконання практичного завдання і 1 бал за захист практичного завдання. Сумарно за 8 практичних занять можливо отримати $8 \times 3 = 24$ балів.

Виконання практичної роботи:

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 2 бали;

- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 1,5-1,9 балів;

- «задовільно» - повне, але виконане із помилками практичне завдання та/або невчасне його виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 1 – 1,4 балів;

- «незадовільно» - не повне та/або виконання з грубими помилками чи невиконання практичного завдання під час самостійної роботи студента (СРС) – 0 балів.

Захист практичної роботи:

- «відмінно» – повна (не менше 90% потрібної інформації), правильна відповідь при захисті практичної роботи – 1 бал;

- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), в основному правильна із деякими неточностями при захисті практичної роботи – 0,75-0,9 балів;

- «задовільно» – не повна (не менше 60% потрібної інформації) та/або відповідь з помилками при захисті практичної роботи – 0,5-0,7 балів;

- «незадовільно» – не вірна відповідь при захисті практичної роботи – 0 балів.

Виконання кожного індивідуального практичного завдання, як правило, має дедлайн не більше 10 календарних днів з моменту проведення практичного аудиторного заняття, дедлайн чітко зазначається в завданні розміщеному на платформі дистанційного навчання із використанням Google classroom.

У випадку, якщо практична робота надсилається на перевірку після встановленого дедлайну, то вона оцінюється на мінус 20% від максимального балу, тобто не більше ніж у 2,4 бали.

2. Виконання і захист лабораторних робіт.

Кількість лабораторних робіт – 4. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях – 20 балів. Кожна лабораторна робота максимально оцінюється в 5 балів.

Оформлення протоколу лабораторної роботи та своєчасна обробка результатів експерименту оцінюється:

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 2,5 бали;

- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 1,9-2,4 балів;

- «задовільно» - повне, але виконане із помилками лабораторне завдання та/або невчасне його виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 1,5-1,8 балів;

- «незадовільно» - не повне та/або виконання з грубими помилками чи невиконання лабораторного завдання під час самостійної роботи студента (СРС) – 0 балів.

Своєчасний успішний захист лабораторної роботи:

- «відмінно» – повна (не менше 90% потрібної інформації), правильна відповідь при захисті лабораторної роботи – 2,5 бали;

- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), в основному правильна із деякими неточностями при захисті практичної роботи – 1,9-2,4 балів;

- «задовільно» – не повна (не менше 60% потрібної інформації) та/або відповідь з помилками при захисті практичної роботи – 1,5-1,8 балів;

- «незадовільно» – не вірна відповідь при захисті практичної роботи – 0 балів.

Виконання кожної лабораторної роботи, як правило, має дедлайн не більше 14 календарних днів з моменту відпрацювання лабораторного аудиторного заняття, дедлайн чітко зазначається в завданні розміщеному на платформі дистанційного навчання із використанням Google classroom.

У випадку, якщо лабораторна робота надсилається на перевірку після встановленого дедлайну, то вона оцінюється на мінус 20% від максимального балу, тобто не більше ніж у 4 бали.

3. Модульний контроль:

Кількість модульних контрольних робіт – 1. Максимальна кількість балів - 10 балів.

Білет типової МКР складається з двох теоретичних питань і двох задач.

Максимальна кількість балів за теоретичне питання – 2 бали.

- «відмінно» – повна (не менше 90% потрібної інформації), правильна відповідь на теоретичне питання контрольної роботи – 2 бали;

- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), в основному правильна із деякими неточностями на теоретичне питання контрольної роботи – 1,5-1,9 балів;

- «задовільно» – не повна (не менше 60% потрібної інформації) та/або відповідь з помилками на теоретичне питання контрольної роботи – 1-1,4 балів;

- «незадовільно» – не вірна або відсутня відповідь на теоретичне питання контрольної роботи – 0 балів.

Максимальна кількість балів за виконання задачі – 3 бали.

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання задачі – 3 бали;

- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками, вчасне виконання задачі – 2,2-2,9 балів;

- «задовільно» - повне, але виконаний із помилками розв'язок задачі та/або невчасне його виконання – 1,8-2,1 балів;

- «незадовільно» - не вірне виконання чи невиконання задачі – 0 балів.

Виконання МКР, як правило, має дедлайн, який чітко зазначається в завданні розміщеному на платформі дистанційного навчання із використанням Google classroom.

У випадку, якщо МКР надсилається на перевірку після встановленого дедлайну, то вона оцінюється на мінус 20% від максимального балу, тобто не більше ніж у 8 балів.

Під час виконання модульної контрольної роботи (МКР) необхідно дотримуватись правил академічної доброчесності, не допускається використання будь яких гаджетів, підручників, конспектів та інших джерел інформації. У разі невиконання цієї умови студент може бути відсторонений від МКР, без можливості виконати МКР іншим разом.

4. Альбом конструкцій.

Максимальна кількість балів - 6 балів за повне правильне, вчасне виконання згідно вимог альбому конструкцій.

Виконання альбому конструкцій:

- «відмінно» - в повному обсязі, вчасно виконані всі вимоги до альбому конструкцій – 6 балів;

- «добре» - в повному обсязі, вчасно виконані майже всі вимоги до альбому конструкцій, або є несуттєві помилки – 4,5 – 5,9 балів;

- «задовільно» - є недоліки щодо виконання вимог до альбому конструкцій і певні помилки та/або не вчасне і не в повному обсязі виконання (але не менше 75%) – 3,6-4,4 балів;

- «незадовільно» - не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

Виконання альбому конструкцій, як правило, має дедлайн не більше 30 календарних днів з моменту видачі викладачем завдання, дедлайн чітко зазначається в завданні розміщеному на платформі дистанційного навчання із використанням Google classroom.

У випадку, якщо альбом конструкцій надсилається на перевірку після встановленого дедлайну, то він оцінюється на мінус 20% від максимального балу, тобто не більше ніж у 4,8 балів.

Семестровий контроль.

Екзамен. Перелік питань для підготовки до заліку надано у **Додатку Б.**

Умови допуску до екзамену.

До екзамену допускаються студенти, яким зараховано всі види робіт передбачених у розділі силабусу «Політика та контроль», пункт 7 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)», підпункти 1-4 та набрати стартовий рейтинг не менше 30 балів.

У випадку, якщо певний вид робіт (практична робота, лабораторна робота, альбом конструкцій, МКР) виконується і надсилається викладачу на перевірку пізніше ніж за 5 днів до встановленої дати екзамену або дедлайну (дедлайн буде встановлений викладачем і повідомлений здобувачам), то студент є недопущеним і автоматично відправляється на додаткову сесію, як той що не виконав обсяг робіт необхідний для допуску до екзамену, передбачений цим силабусом. У випадку не допуску студент має до початку ліквідації академічної заборгованості (перескладання) виправити ситуацію із наявними заборгованостями (виконати всі види робіт) та набрати мінімальний стартовий рейтинг 30 балів.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 60.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить чотири теоретичних питання. Контрольна роботи складається з чотирьох теоретичних питань різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Після написання екзаменаційної контрольної роботи, студент усно чи з використанням засобів відео зв'язку, в режимі реального часу, проходить співбесіду із викладачем по відповідям на завдання контрольної роботи.

Кожне теоретичне питання оцінюється у 10 балів. Максимальний бал, який можливо отримати на екзамені R_E :

$$R_E = 10 + 10 + 10 + 10 = 40 \text{ балів}$$

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7,5-8,9 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6-7,4 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів R_E за кожне запитання контрольної роботи (екзамен) та семестровий контроль R_C переводиться до оцінки згідно з таблицею:

$$R_D = R_C + R_E = 100 \text{ балів}$$

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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах дистанційного або змішаного режиму проведення занять організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський», «Електронний кампус». Навчальний процес у такій формі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять з дотриманням безпекових умов.

У разі виникнення непереборних обставин чи інших форс-мажорних ситуацій та за відповідного розпорядження по університету/факультету в силабус можуть бути внесені зміни, про які будуть повідомлені всі здобувачі.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доцент Костик Сергій Ігорович

Ухвалено кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 12 від 11.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією ФБТ (протокол № 6 від 30.06.2025 р.)

Питання, що виносяться на модульну контрольну роботу

Орієнтовний перелік питань, які будуть винесені на МКР можна ознайомитись в пункті 5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» таблиця з темами Лекцій».

Орієнтовний приклад завдання МКР

1. Охарактеризуйте основні способи введення енергії на перемішування у ферментаційному обладнанні.
2. Обґрунтуйте основні відмінності між молекулярною і конвективною дифузією.
3. Визначити середню різницю температур теплоносіїв, при наступних умовах: Об'ємні витратитеплоносіїв: $V_1=0,1 \text{ м}^3/\text{с}$; $V_2=50 \text{ л/с}$. Густини теплоносіїв: $\rho_1=1000 \text{ кг/м}^3$; $\rho_2=1500 \text{ кг/м}^3$. Швидкості теплоносіїв: $w_1=0,1 \text{ м/с}$; $w_2=1 \text{ м/с}$. Температури теплоносіїв: $t_{1\text{вх}}=20 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{1\text{вих}}=40 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{2\text{вх}}=95 \text{ }^\circ\text{C}$. Питомі теплоємності теплоносіїв: $c_1=4000 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$; $c_2=2000 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$.
4. Визначити питомі втрати в оточуюче середовище з поверхні апарата та кількість енергії, яку буде втрачено за час t з площі поверхні F при наступних умовах: коефіцієнти тепловіддачі: $\alpha_1=100 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$; $\alpha_2=10 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$, термічний опір: $R=1 \text{ (м}^2 \cdot \text{K)/кВт}$, середні температури: $t_1=40 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_2=20 \text{ }^\circ\text{C}$, час: $t=5 \text{ хв}$, площа поверхні теплообміну: $F=2 \text{ м}^2$.

Повний перелік тем, які буде винесено на МКР, вимоги до її проведення буде окремо надано і роз'яснено студентам за тиждень до її проведення.

Питання, які виносяться на екзамен

Орієнтовний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

- 1) Механічне перемішування. Оцінка ефективності, поточне і пневматичне перемішування.
- 2) Будова і розрахунок мішалок.
- 3) Витрати енергії на перемішування.
- 4) Класифікація неоднорідних систем і способи їх розділення.
- 5) Осадження. Загальна характеристика. Загальне рівняння швидкості осідання. (Рівняння Архімеда, Ляшенка, Стокса)
- 6) Закономірності осадження у відцентровому полі. Фактор розділення.
- 7) Періодичні та безперервні відстійники, їх розрахунок.
- 8) Принцип роботи відстійних і фільтрувальних центрифуг.
- 9) Фільтрування. Класифікація способів фільтрування.
- 10) Основні рівняння фільтрування.
- 11) Конструкції фільтрів. Конструкції та розрахунок фільтрів.
- 12) Розрахунок продуктивності за сталої швидкості фільтрування і за сталому перепаді тисків.
- 13) Центрифугування. Відцентрове фільтрування.
- 14) Відцентрова сила і фактор розділення.
- 15) Будова надцентрифуг та рідинних сепараторів.
- 16) Розрахунок центрифуг.
- 17) Основні закони дифузії (молекулярна, конвективна).
- 18) Способи інтенсифікації. Масовіддача і масопередача.
- 19) Рівновага при масопередачі.
- 20) Швидкість масопередачі.
- 21) Рушійна сила.
- 22) Масопередача з твердою фазою.
- 23) Сорбція, абсорбція. Загальні відомості. Конструктори абсорберів.
- 24) Адсорбція, іонообмінні процеси. Загальні відомості.
- 25) Перегонка та ректифікація. Види перегонки. Проста перегонка. Дефлегмація. Флегмове число. Матеріальний баланс простої перегонки. Ректифікаційні апарати. Азеотропна ректифікація.
- 26) Екстракція в системі «тверде тіло-рідина».
- 27) Конструкції та розрахунок екстракційних апаратів.
- 28) Основні параметри вологого повітря.
- 29) I-X діаграма вологого повітря.
- 30) Рівновага при сушінні. Матеріальний і тепловий баланс сушіння.
- 31) Визначення параметрів повітря і тепла на сушіння. Варіанти процесів сушіння. Швидкість сушіння.
- 32) Кінетика сушіння.
- 33) Форми зв'язку води з матеріалом.
- 34) Криві сушіння та швидкості сушіння. Перший та другий періоди сушіння. Визначення тривалості процесу сушіння.
- 35) Кристалізація та розчинення. Загальні відомості. Способи ведення та інтенсифікація процесу.
- 36) Класифікація біотехнологічних процесів за технологічними ознаками, способи їх реалізації.
- 37) Загальні методи біотехнології та апаратура для процесів біосинтезу.

- 38) Розрахунок теплової потужності, що виникає при синтезі біомаси.
- 39) Тепловий ефект від перемішування культуральної рідини і розрахунок потрібної площі теплообміну.
- 40) Експериментальні методи визначення теплової потужності.
- 41) Розрахунковий метод визначення теплової потужності, що передається культуральній рідині від перемішувального пристрою на основі його розрахунку залежно від потреби в кисні.
- 42) Пневматичне перемішування: Розрахунок енергії, що передається на перемішування з газовою фазою. Масштабування процесів перемішування.
- 43) Типи та розрахунок теплообмінних пристроїв ферментерів. Порядок розрахунку теплообмінного пристрою ферментера.
- 44) Типи ферментерів за особливістю процесу біосинтезу.
- 45) Класифікація ферментерів за конструкцією, способом введення енергії та перемішування.
- 46) Конструкції ферментерів ємкісного типу з електроперемішувальними пристроями.
- 47) Ферментери з пневматичним перемішуванням.
- 48) Типова обв'язка ферментера для глибинної ферментації.
- 49) Обладнання для відділення біомаси від нативного розчину.
- 50) Оптимізація процесу фільтрування.
- 51) Типові конструкції ємнісних фільтрувальних апаратів циклічної дії. Фільтр-преси з ручним вивантаженням осаду
- 52) Центрифугування, звичайні центрифуги.
- 53) Сепарація: трубчасті сепаратори, тарілчасті сепаратори. Флотування.
- 54) Технологічний розрахунок трубчастого вакуум-випарного апарата з висхідною плівкою, роторні вакуум-
- 55) Випарні апарати для концентрування цільових продуктів мікробіологічного синтезу.
- 56) Мембранні процеси концентрування і розділення.
- 57) Поняття про селективність і проникливість мембран.
- 58) Існуючі і перспективні конструкції апаратів для баромембранних процесів очищення і концентрування продуктів мікробіологічного синтезу.
- 59) Поняття про рідинну хроматографію.
- 60) Іонообмінні смоли та апаратура для іонного статичного і динамічного іонообміну.
- 61) Апаратура для рідинної екстракції.
- 62) Обладнання для дезінтеграції мікробних мас та подальша обробка дезінтегрованої біомаси.
- 63) Твердофазова екстракція: апаратура (ємнісні екстрактори з перемішувальним пристроєм, перколятори тощо) та
- 64) Технологічні розрахунки апаратів для твердофазової екстракції.
- 65) Сушіння продуктів мікробіологічного синтезу
- 66) Конструкції та розрахунок сушарок (сублімаційні, пневматичні, розпилювальні.)
- 67) Сублімаційне сушіння.
- 68) Технологічні розрахунки основних типів сушарок, що застосовуються у біотехнологічних виробництвах.

Повний перелік питань, який буде винесено на екзамен, вимоги до виконання альбому конструкцій та теми, що будуть винесені на МКР буде надано і роз'яснено студентам впродовж семестру.

Вимоги та перелік завдань для виконання альбому конструкцій.

Відповідно до наведеного переліку необхідно:

1. Виконати від руки схему (ескіз) конструкції і позначити позиціями основні робочі вузли і складові частини.
2. Зробити короткий опис (від руки) з якого буде зрозуміло межі використання даного типу обладнання та принцип його дії.
3. Окремо зазначити основні переваги та недоліки обраної конструкції.
4. Необхідна кількість конструкцій – 8, їх можна обрати довільно за власним бажанням із переліку наведеного нижче.

Перелік конструкцій апаратів:

1. Ферментаційне обладнання (ферментери, біореактори).
2. Апарати для осадження в полі гравітаційних сил (відстійники).
3. Апарати для осадження в полі відцентрових сил (циклони, сепаратори, центрифуги).
4. Фільтри (друк-фільтр, нутч-фільтр, барабанний вакуум фільтр, тощо).
5. Мембранні апарати (ультрафільтраційний апарат, апарат зворотного осмосу).
6. Масообмінні апарати (адсорбційні та абсорбційні апарати, апарати для перегонки, ректифікаційні колони, скрубери, екстрактори, тощо).
7. Сушарки (сублімаційні, конвективні, контактні, розпилювальні, псевдозрідженого шару)

Остаточний перелік конструкцій апаратів, буде окремо надано і роз'яснено студентам перед здачею завдання.