



**ПРОЦЕСИ, АПАРАТИ ТА УСТАТКУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ-1.
ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ.**

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	16 - Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	162 – Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / модульна контрольна робота
Розклад занять	4 години на тиждень (2 година лекційних та 1 година практичних занять, 1 година лабораторних занять)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	к.т.н., доц. каф. БТ та І, Ружинська Людмила Іванівна , 044-204-94-51, ruzhli@ukr.net
Розміщення курсу	Кампус, Google classroom

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.

Предмет навчальної дисципліни Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв 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 виділення та очищення біологічно активних речовин (БАР) і при отриманні мікробних мас, особливості конструкцій, принципи розрахунку, вибору та експлуатації основного устаткування біотехнологічних виробництв.

Метою навчальної дисципліни Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв 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 апаратурні 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 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 основні конструкторські особливості, вміти обирати відповідне устаткування у 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 продуктовий розрахунок і 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)

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

Дисципліна **Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв** допомагає інтегрувати знання, отримані при вивченні фахових дисциплін ("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 біотехнолога: знання, одержані при вивченні цієї дисципліни, необхідні для виконання курсових і дипломних проектів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв-1. Процеси і апарати біотехнологічних виробництв

Розділ 1. Основи гідравліки. Переміщення рідин та газів. Гідравлічні машини

Тема 1. Гідростатика.

Тема 2. Гідродинаміка.

Тема 3. Гідравлічні машини

Розділ 2. Механічні та гідромеханічні процеси.

Тема 1. Механічні процеси

Тема 2. Перемішування

Тема 3. Осадження

Тема 4. Фільтрування.

Тема 5. Центрифуги.

Тема 6. Очищення газів

Розділ 3. Теплові процеси

Тема 1. Теплопередача

Тема 2. Теплообмінники

Тема 3. Випарювання

Розділ 4. Маса обмінні процеси

Тема 1. Теорія масо обмінних процесів

Тема 2. Адсорбція, іонообмінні процеси

Тема 3. Перегонка та ректифікація

Тема 4. Екстракція

Тема 5. Сушіння.

Тема 6. Кристалізація та розчинення

Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв-2. Устаткування виробництв галузі

Розділ 1. Перед ферментаційні процедури

Тема 1. Підготовка та стерилізація рідких живильних середовищ

Тема 2. Методи та обладнання для стерилізації повітря

Розділ 2. Основи вибору та розрахунку ферментаційної апаратури

Тема 1. Конструкційні схеми ферментаційної апаратури

Тема 2. Статика процесів біосинтезу

Тема 3. Розрахунок процесів гідродинаміки в ферментаційному обладнанні

Тема 4. Розрахунок процесів тепло та масо переносу в ферментаційному обладнанні

Розділ 3. Устаткування для концентрування та відділення цільових продуктів біосинтезу та очищення нативних розчинів

Тема 1. Обладнання для відстоювання

Тема 2. Обладнання для фільтрування

Тема 3. Обладнання для центрифугування

Тема 4. Обладнання для мембранних процесів та рідинної хроматографії

Розділ 4. Оброблення нативних розчинів та біомас

Тема 1. Обладнання для екстракції

Розділ 5. Сушіння продуктів мікробіологічного синтезу

Тема 1. Обладнання для сушіння продуктів біосинтезу

Курсовий проект з процесів, апаратів та устаткування біотехнологічних виробництв

Розділ 1. Виконання та оформлення пояснювальної записки

Тема 1. Зміст пояснювальної записки. Титульна сторінка. Реферат.

Тема 2. Призначення та галузь використання виробу, що розробляється.

Тема 3. Описання та обґрунтування вибраної конструкції.

Тема 4. Технологічні розрахунки.

Тема 5. Вибір загальнозаводського обладнання.

Тема 6. Вимоги техніки безпеки та промислової санітарії.

Тема 7. Висновки. Перелік посилань.

Розділ 2. Виконання та оформлення графічної частини проекту.

Базова література

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.

Додаткова

1. Технологічне обладнання біотехнологічної і фармацевтичної промисловості: підручник / М.В. Стасевич, А.О. Милянчич, 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. Шибєцький – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 130

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>
Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 10 від 18.06.2020 р.)

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни **Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв-1. Процеси і апарати біотехнологічних виробництв**, 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, чітке 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.

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Зміст і завдання дисципліни. Класифікація основних технологічних процесів. Основні закони, яким підпорядковані технологічні процеси. Загальні принципи аналізу та розрахунку процесів і апаратів. Література: [1-3] СРС. Основи раціональної побудови апаратів. Методи інтенсифікації процесів біотехнологічних виробництв. Технології, що застосовуються в біотехнологічних виробництвах. Література: [1-3]	2
2	Гідростатика. Основні поняття та визначення. Фізичні властивості рідини. Розподіл тиску по об'єму рідини. Закон Паскаля. Диференціальні рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики. Література: [5]	2

	Практичне застосування основного рівняння гідростатики. Література: [5]	
3	Гідродинаміка. Основні поняття та визначення. Характеристики руху рідин. Рівняння нерозривності потоку. Диференційні рівняння руху Ейлера та Нав'є-Стокса. Рівняння Бернуллі. Література: [5] СРС. Практичне застосування рівняння Бернуллі. Визначення витрат рідини і середньої швидкості в круглій трубі. Формула Пуазейля. Література: [5]	2
4	Гідродинамічна подібність. Теореми подібності. Гідравлічний опір в трубопроводах. Рух тіл в рідинах. Турбулентний рух. Структура потоку. Товщина в'язкого підшару. Втрати напору по довжині. Гідравлічна шорсткість труб. Особливості гідравлічного розрахунку трубопроводів для транспортування рідин. Література: [5] СРС. Гідравлічний удар в трубах. Рух рідини через зернисті та пористі шари. Гідродинаміка киплячих зернистих шарів. . Література: [5]	2
5	Гідромеханічні процеси. Перемішування. Механічне перемішування. Оцінка ефективності, поточне і пневматичне перемішування. Будова і розрахунок мішалок. Витрати енергії на перемішування. Література: [1,5]	2
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. Література: [1,5]	2
7	Фільтрування. Класифікація способів фільтрування. Основні рівняння фільтрування. Розрахунок продуктивності за сталої швидкості фільтрування і за сталому перепаді тисків. Методика розрахунку фільтрів. Література: [1,5] СРС. Конструкції фільтрів. . Література: [5]	2
8	Центрифугування. Відцентрове фільтрування. Закономірності осаджування у відцентровому полі. Фактор розділення. Методика розрахунку центрифуг. Література: [1,5] СРС. Конструкції центрифуг. Література: [5]	2
9	Основи теплопередачі. Методи поширення тепла в просторі. Теплові баланси. Передача тепла теплопровідністю, тепловим випромінюванням. Література: [1]	2
10	Конвективний теплообмін в умовах вимушеної та вільної конвекції. Критерії теплової подібності. Теплообмін в умовах зміни агрегатного стану. Кипіння. Конденсація. Література: [1]	2
11	Нагрівання. Способи нагрівання, гріючі агенти. Охолоджувальні агенти. Способи охолодження та конденсації. Особливості конструкції та розрахунок теплообмінних апаратів. Гідравлічний розрахунок теплообмінників. Література: [1] СРС. Одно ходові, багатоходові кожухотрубні, трубчасті, типу «труба в трубі», змієвикові, зрошувальні та пластинчасті теплообмінники . Література: [5]	2
12	Випарювання. Однокорпусні випарні установки. Матеріальні та теплові баланси. Плівкові та роторні випарні установки. Розрахунок випарних установок. Література: [1,2]	2
13	Масо обмінні процеси. Основні закони дифузії (молекулярна, конвективна).	2

	Способи інтенсифікації. Масовіддача і масо передача. Рівновага при масо передачі. Швидкість масо передачі. Рушійна сила процесів масо переносу. Література: [1]	
14	Масо передача з твердою фазою. Сорбція, абсорбція. Загальні відомості. Адсорбція, іонообмінні процеси. Загальні відомості. . Література: [1]	2
15	Перегонка та ректифікація. Види перегонки. Проста перегонка. Дефлегмація. Флегмове число. Матеріальний баланс простої перегонки. Ректифікаційні апарати. Азеотропна ректифікація. Література: [1,5] СРС. Конструкції колонних апаратів. Література: [5]	2
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. Література: [1]	2
17	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]	2
18	Кінетика сушіння . Форми зв'язку вологи з матеріалом. Криві сушіння та швидкості сушіння. Перший та другий періоди сушіння. Визначення тривалості процесу сушіння. Література: [1]	2
	Всього годин	36

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по дисципліні **Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв-1. Процеси і апарати біотехнологічних виробництв**, практичні заняття займають 25 % 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 набутти 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	Розрахунок потужності, що витрачається на перемішуванні в апаратах з механічним перемішувачем. Література: [4] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [4]	2
2	Розрахунок швидкості осадження. Література: [4] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [4]	2
3	Розрахунок продуктивності фільтра. Література: [4] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [4]	2
4	Розрахунок осаджувальної центрифуги. Література: [4] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [4]	2
5	Тепловий розрахунок теплообмінника. Література: [4] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [4]	2
6	Модульна контрольна робота	2
7	Розрахунок вакуум-випарного апарату. Література: [4] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [4]	2
8	Розрахунок розпилювальної сушарки. Визначення параметрів повітря. Література: [4] СРС. Виконання розрахунку за індивідуальним завданням. Література: [4]	2
9	Залік	2
	Всього годин	18

Лабораторні заняття

У системі професійної підготовки студентів по дисципліні **Процеси, апарати та устаткування біотехнологічних виробництв-1. Процеси і апарати біотехнологічних виробництв**, лабораторні заняття займають 25 % 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 набути досвід проведення експериментальних досліджень роботи апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масо обмінних процесів;
- допомогти студентам набути 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 конденсації водяної пари. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Література [1-4]	4
2	Дослідження процесу теплопередачі у змієвиковому теплообміннику. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Література [1-4]	4
3	Дослідження процесу випарювання розчину. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Література [1-4]	4
4	Дослідження процесу сушіння зернистого матеріалу. СРС. Обробка результатів дослідження. Виконання розрахунків. Побудова графічних залежностей. Література [1-4]	6
	Всього годин	18

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 40 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до заліку. 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, аналізі та структуруванні, науково технічної інформації

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
Розділ 1. Основи гідравліки. Переміщення рідин та газів. Гідравлічні машини.		
1	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, водо кільцеві насоси, принцип їх дії, розрахунок продуктивності, ККД. Література: [5]	2
2	Конструкції вентиляторів, газодувок, компресорів. Загальні відомості. Література: [5]	4

Розділ 2. Механічні та гідромеханічні процеси.		
3	Механічні процеси та їх класифікація. Загальні відомості. Подрібнення, сортування, пресування, гранулювання. Витрати енергії. Основні типи подрібнювачів (дробарок), принцип роботи. Література: [1-3]	2
4	Конструкції фільтрів. Література: [5]	4
5	Конструкції центрифуг. Література: [5]	4
6	Очищення газів. Класифікація газових неоднорідних систем і способи їх розділення. Фільтрування газів (димів). Механічне, мокре і електричне очищення. Скрубер Вентурі. Література: [5]	2
Розділ 3. Теплові процеси.		
7	Конструкції теплообмінників. Одно ходові, багатеходові кожухотрубні, трубчасті, типу «труба в трубі», змішувикові, зрошувальні та пластинчасті теплообмінники. Література: [5]	4
Розділ 4. Маса обмінні процеси.		
8	Конструктори абсорберів. Література: [5]	2
9	Конструкції колонних апаратів. Література: [5]	2
10	Конструкції та розрахунок екстракційних апаратів. Література: [5]	2
11	Перегонка та ректифікація. Види перегонки. Проста перегонка. Дефлегмація. Флегмове число. Матеріальний баланс простої перегонки. Ректифікаційні апарати. Азеотропна ректифікація. Конструкції колонних апаратів Література: [5]	3
12	Варіанти процесів сушіння. Швидкість сушіння. Конструкції сушарок Література: [1]	4
13	Кристалізація та розчинення. Загальні відомості. Способи ведення та інтенсифікація процесу. Література: [1]	2
14	Підготовка до МКР	3
15	Підготовка до заліку	6
	Всього годин	48

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні та штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань

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

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми 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.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

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

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

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з 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
5	4	120	36	18	18	48	1	залік

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

- 1) Виконання та захист 9-ти задач на практичних заняттях – 36 балів
- 2) Виконання та захист 4-х лабораторних робіт – 32 балів
- 3) МКР – 14 балів
- 4) Виконання альбому конструкцій апаратів – 18 балів

Система рейтингових балів

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів на практичних заняттях дорівнює $9 \times 4 = 36$ балам.

- «відмінно» - виконання 100% задач під час заняття та самостійної роботи студента (СРС) – 3,3-4 балів.

- «добре» - виконання 80% задач під час заняття та СРС – 2,5 – 3,2 балів.

- «задовільно» - виконання $\geq 50\%$ задач під час заняття та СРС – 2 – 2,4 балів.

- «незадовільно» - невиконання задач (СРС) – 0 балів.

2. Виконання і захист лабораторних робіт.

Ваговий бал – 8. Кількість лабораторних робіт – 4. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях $8 \times 4 = 32$ балів.

1. Правильна відповідь на питання вхідного контролю - 1,2–2 бали.

2. Оформлення протоколу лабораторної роботи – 1,2-2 бали.

3. Своєчасна обробка результатів експерименту – 1,2 -2 бали.

4. Своєчасний успішний захист лабораторної роботи – 1.2- 2 бали.

3. Модульний контроль:

Ваговий бал – 14. Кількість модульних контрольних робіт – 1. Максимальна кількість балів -14 балів.

Білет МКР складається з двох теоретичних питань і задачі. Максимальна кількість балів за теоретичне питання - 4

1. «відмінно», повна відповідь на теоретичне питання контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 3,6-4 бали;
2. «добре», достатньо повна відповідь на теоретичне питання контрольної роботи (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 3 – 3,5 балів;
3. «задовільно», неповна відповідь на теоретичне питання контрольної роботи (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки 2,4-2,9 балів;
4. «незадовільно», невиконання завдання контрольної роботи (не відповідає вимогам) – 0 балів.

Максимальна кількість балів за виконання задачі – 6 балів.

5. «відмінно», повне виконання задачі (не менше 90% потрібної інформації) – -5,4-6 балів;
6. «добре», достатньо повне виконання задачі (не менше 75% потрібної інформації), з незначними неточностями –4,5 –5,3 бали;
7. «задовільно», неповне виконання задачі (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки –3,6 – 4,4 бали;
8. «незадовільно», невиконання завдань контрольної роботи (не відповідає вимогам) – 0 балів.

4. Альбом конструкцій.

Ваговий бал – 18. Максимальна кількість балів -18 балів.

- «відмінно», виконані всі вимоги до альбому конструкцій –16,2-18 балів;
- «добре», виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки -13,5-16,1 балів;
- «задовільно», є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки –10,8-13,4 балів;
- «незадовільно», не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 34-балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 22 бали. За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 80 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 45 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. Контрольна роботи складається з чотирьох питань різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендацій до засвоєння кредитного модуля.

Кожне завдання контрольної роботи (r_1 , r_2 , r_3 , r_4) оцінюється у 25 балів відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 25-22,5 балів;
- «добре», достатньо повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 22-18,5 балів;
- «задовільно», неповне виконання завдань контрольної роботи (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 18-15 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 15 балів) – 0 балів.

Сума балів за чотири завдання контрольної роботи переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

- 1) Гідростатика. Основні поняття та визначення.
- 2) Фізичні властивості рідини.
- 3) Розподіл тиску по об'єму рідини. Закон Паскаля.
- 4) Диференційні рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики. Практичне застосування основного рівняння гідростатики.
- 5) Гідродинаміка. Основні поняття та визначення. Характеристики руху рідин.
- 6) Рівняння нерозривності потоку.
- 7) Диференційні рівняння руху Ейлера та Нав'є-Стокса.
- 8) Рівняння Бернуллі. Практичне застосування рівняння Бернуллі.
- 9) Визначення витрат рідини і середньої швидкості в круглій трубі. Формула Пуазейля. Гідродинамічна подібність.
- 10) Гідравлічний опір в трубопроводах.
- 11) Рух тіл в рідинах. Турбулентний рух. Структура потоку. Товщина в'язкого підшару.
- 12) Втрати напору по довжині. Гідравлічна шорсткість труб. Особливості гідравлічного розрахунку трубопроводів для транспортування рідин.
- 13) Гідравлічний удар в трубах. Рух рідини через зернисті та пористі шари. Гідродинаміка киплячих зернистих шарів.
- 14) Гідравлічні машини та їх класифікація.
- 15) Схема насосної установки. Насоси. Основні параметри насосів.
- 16) Будова і принцип дії відцентрових та поршневих насосів. Визначення робочих точок. Регулювання подачі рідини відцентровим насосом.
- 17) Поршневі ротаційні, водо кільцеві насоси, принцип їх дії, розрахунок продуктивності, ККД.
- 18) Типи вентиляторів, газодувок, компресорів. Загальні відомості.
- 19) Механічне перемішування. Оцінка ефективності, поточне і пневматичне перемішування.
- 20) Будова і розрахунок мішалок.
- 21) Витрати енергії на перемішування.
- 22) Класифікація неоднорідних систем і способи їх розділення.
- 23) Осадження. Загальна характеристика. Загальне рівняння швидкості осідання. (Рівняння Архімеда, Ляшенка, Стокса)
- 24) Закономірності осадження у відцентровому полі. Фактор розділення.
- 25) Періодичні та безперервні відстійники, їх розрахунок.
- 26) Принцип роботи відстійних і фільтрувальних центрифуг.
- 27) Фільтрування. Класифікація способів фільтрування.
- 28) Основні рівняння фільтрування.

- 29) Конструкції фільтрів. Конструкції та розрахунок фільтрів.
- 30) Розрахунок продуктивності за сталої швидкості фільтрування і за сталому перепаді тисків.
- 31) Центрифугування. Відцентрове фільтрування.
- 32) Відцентрова сила і фактор розділення.
- 33) Будова надцентрифуг та рідинних сепараторів.
- 34) Розрахунок центрифуг.
- 35) Методи поширення тепла в просторі.
- 36) Теплові баланси.
- 37) Передача тепла теплопровідністю, тепловим випромінюванням. Конвективний теплообмін. Теплопередача.
- 38) Нагрівання. Способи нагрівання, гріючі агенти. Охолоджувальні агенти.
- 39) Конструкції теплообмінників. Одно ходові, багатеходові кожухотрубні, трубчасті, типу «труба в трубі», змішувкові, зрошувальні та пластинчасті теплообмінники.
- 40) Особливості конструкції та розрахунок теплообмінних апаратів.
- 41) Однокорпусні випарні установки.
- 42) Матеріальні та теплові баланси.
- 43) Плівкові та роторні випарні установки.
- 44) Розрахунок випарних установок.
- 45) Основні закони дифузії (молекулярна, конвективна).
- 46) Способи інтенсифікації. Масовіддача і масо передача.
- 47) Рівновага при масо передачі.
- 48) Швидкість масо передачі.
- 49) Рушійна сила.
- 50) Маса передача з твердою фазою.
- 51) Сорбція, абсорбція. Загальні відомості. Конструктори абсорберів.
- 52) Адсорбція, іонообмінні процеси. Загальні відомості.
- 53) Перегонка та ректифікація. Види перегонки. Проста перегонка. Дефлегмація. Флегмове число. Матеріальний баланс простої перегонки. Ректифікаційні апарати. Азеотропна ректифікація.
- 54) Екстракція в системі «тверде тіло-рідина».
- 55) Конструкції та розрахунок екстракційних апаратів.
- 56) Основні параметри вологого повітря.
- 57) I-X діаграма вологого повітря.
- 58) Рівновага при сушінні. Матеріальний і тепловий баланс сушіння.
- 59) Визначення параметрів повітря і тепла на сушіння. Варіанти процесів сушіння. Швидкість сушіння.
- 60) Кінетика сушіння.
- 61) Форми зв'язку вологи з матеріалом.
- 62) Криві сушіння та швидкості сушіння. Перший та другий періоди сушіння. Визначення тривалості процесу сушіння.
- 63) Кристалізація та розчинення. Загальні відомості. Способи ведення та інтенсифікація процесу.

Приблизний перелік питань на МКР

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. Білет МКР містить два теоретичних питання та задачу.

Орієнтовний перелік теоретичних питань 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. Аналіз конструкцій фільтрів.
9. Особливості процесу центрифугування.
10. Приклади використання центрифуг в технологічних процесах біотехнологічних виробництв.
11. Аналіз конструкцій центрифуг.
12. Розрахунок продуктивності центрифуги.
13. Розрахунок потужності приводу центрифуги.
14. Механічне перемішування. Апарати для механічного перемішування.
15. Конструкції перемішуючих пристроїв.
16. Рівняння для визначення потужності, що витрачається на перемішування рідких середовищ.

Орієнтовний перелік задач МКР.

1. Знайти товщину шару осаду на друк-фільтрі, який має площу фільтрування $F=1,0 \text{ м}^2$ після фільтрування суспензії $G_{\text{сп}}=120 \text{ кг}$. Вміст твердих часточок у суспензії $x_{\text{тв}}=2\%$ (мас). Густина вологого осаду $\rho_{\text{ос}}=1200 \text{ кг/м}^3$. Вологість осаду $a=80\%$.

2. Визначити шар осаду, що утворюється в барабані промислової фільтруючої центрифуги, якщо площа фільтруючої поверхні складає $0,6 \text{ м}^2$ ступінь заповнення барабану $0,6$, робочий об'єм барабану $0,04 \text{ м}^3$.

3. Визначити продуктивність осаджувальної центрифуги за твердою фазою, якщо продуктивність за суспензією $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, густина твердої фази 1400 кг/м^3 , масова частка твердої фази у суспензії $0,2$.

4. Визначити продуктивність відстійника, безперервної дії, якщо поверхня осадження становить 50 м^2 , а швидкість осадження часточок середнього розміру становить $0,05 \text{ м/с}$.

5. Визначити швидкість осадження часточок сферичної форми діаметром $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ в рідині густиною 1000 кг/м^3 і з коефіцієнтом динамічної в'язкості $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, густина часточок 2800 кг/м^3 . Прискорення вільного падіння прийняти рівним 10 м/с^2 .

6. Визначити потужність, що витрачається на процес перемішування середовища у апараті з турбінною мішалкою. Діаметр мішалки 1 м , частота обертання 3 с^{-1} , густина середовища $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт потужності $0,2$.

Приклад білету до МКР

1. Критерії подібності гідромеханічних процесів.
2. Аналіз конструкцій центрифуг.

3. Визначити потужність, що витрачається на процес перемішування середовища у апараті з турбінною мішалкою. Діаметр мішалки 1 м, частота обертання 3 с^{-1} , густина середовища $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт потужності 0,2.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

доцент, к.т.н., доцент каф. БТ та І Ружинська Людмила Іванівна

Ухвалено кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 16 від 24.06.2022)

Погоджено Методичною комісією ФБТ (протокол №10 від 30.06.2022)