Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра трансляційної медичної біоінженерії

БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ. ЧАСТИНА 2. ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ У БІОІНЖЕНЕРІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*16 - Хімічна та біоінженерія*
Спеціальність	*163 - Біомедична інженерія*
Освітня програма	*Регенеративна та біофармацевтична інженерія*
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*III курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*5 кред. (Лекц. 36 год, Практ. 54 год, СРС. 60 год)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен*
Розклад занять	*https://schedule.kpi.ua*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *старший викладач, Левтун Ігор Ігорович.* Практичні: *асистент, Бертош Наталія Володимирівна, bertosh-fbmi@edu.kpi.ua, https://t.me/Bertosh_Natali*
Розміщення курсу	https://classroom.google.com

Програма навчальної дисципліни

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

Сучасна біоінженерія – це не лише фундаментальна наука, а й високотехнологічна індустрія, де фундаментальні біологічні відкриття втілюються у реальні продукти: від життєво необхідних лікарських засобів до сучасних медичних виробів. Майбутньому фахівцю необхідно опанувати цей курс, оскільки саме процеси та апарати є «містком» між лабораторним дослідженням і промисловим масштабуванням. Без знання фізичних законів проходження процесів та принципів роботи обладнання неможливо спроєктувати ефективне, безпечне та економічно вигідне виробництво, а також забезпечити суворі вимоги міжнародних стандартів якості (GMP, ISO).

Мета: *Формування у здобувачів вищої освіти системних знань про фізико-хімічні та інженерні основи типових процесів біоінженерного виробництва, а також вироблення практичних навичок щодо розрахунку, вибору, експлуатації та оптимізації сучасного технологічного обладнання.*

При опануванні освітнього компонента «Біотехнологія та біоінженерія. Частина 2. Процеси та апарати у біоінженерії» здобувачі отримують:

Знання:

- *про основні біохімічні процеси, що використовуються у біомедичній інженерії та біотехнології;*

- *про основне обладнання для реалізації технологічних процесів у біомедичній інженерії та біотехнології;*
- *про принципи та підходи до масштабування процесів у біомедичній інженерії та біотехнології;*
- *про фундаментальні закономірності перенесення маси, енергії та кількості руху, а також загальні принципи їх аналітичного опису;*
- *про фізико-хімічні основи основних гідравлічних, гідромеханічних, механічних, теплових і масообмінних процесів, їх математичні моделі та принципи розрахунку відповідних апаратів;*
- *про конструкції апаратів для реалізації механічних, гідромеханічних, теплових і масообмінних процесів та особливості їх розрахунку.*

Вміння:

- *підбирати обладнання для проведення гідравлічних, гідромеханічних, теплових і масообмінних процесів у біотехнологічних та біомедичних виробництвах;*
- *виконувати розрахунки технологічного обладнання для проведення біохімічних і технологічних процесів;*
- *на основі фундаментальних рівнянь статики та кінетики процесів розробляти методику розрахунку та виконувати параметричні розрахунки апаратів;*
- *на основі фундаментальних положень теорії фізичного моделювання розробляти експериментальні установки, проводити експериментальні дослідження конкретних процесів та узагальнювати отримані результати;*
- *на основі аналізу можливих варіантів здійснювати оптимальний вибір конструктивних схем апаратів для реалізації заданих процесів технологічної схеми.*

Як можна користуватися набутими знаннями та вміннями.

Здобуті знання та вміння є важливим інструментом для виконання науково-дослідних, проєктних та організаційно-виробничих завдань у галузях біотехнології, регенеративної медицини, біофармацевтичної та біомедичної інженерії.

Вони дають змогу здійснювати обґрунтований вибір технологічного обладнання, проводити його розрахунок і оцінювання ефективності, аналізувати та оптимізувати технологічні процеси, а також забезпечувати їх масштабування від лабораторного до промислового рівня.

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

Навчальна дисципліна належить до нормативних освітніх компонентів циклу професійної підготовки. Відповідно до структурно-логічної схеми освітньої програми дисципліна вивчається після опанування освітньої компоненти «Біохімія» та передує вивченню освітньої компоненти «Основи стандартизації та промислової інженерії».

3. Зміст навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

№	Тема	Заняття	Тиждень вивчення
Розділ 1. Вступ до процесів та апаратів у біоінженерії.			
1	**Тема 1. Процеси та апарати в біоінженерії: основні поняття та визначення.** Особливості процесів та апаратів в біоінженерії. Класифікація процесів в біоінженерії. Класифікація устаткування біоінженерних виробництв. Матеріали для виготовлення біоінженерного обладнання. Властивості матеріалів та продуктів.	Лекція 1, практичне заняття 1-2	1

2	**Тема 2. Теорія подібності процесів та апаратів у біоінженерії. Основні етапи створення проекту і апарату.** Основи теорії подібності. Основні принципи методу аналізу розмірностей. Наближене моделювання. Автомоделювання. Критерії гідродинамічної подібності. Критерії теплової подібності. Модифіковані та похідні критерії подібності. Критеріальні рівняння. Створення коректного списку параметрів апарату. Основні параметри необхідні для проектування апарату.	Лекція 2	1
Розділ 2. Гідродинамічні процеси у біоінженерії.			
3	**Тема 3. Гідродинамічні процеси.** Класифікація рідких неоднорідних систем. Основне рівняння гідростатики. Рівняння Бернуллі. Рівняння Нав'є-Стокса. Розрахунок діаметру трубопроводу. Режими руху рідини. Рух неньютонівських рідин. Рух рідких плівок. Рух рідин через шар зернистих матеріалів та насадок.	Лекція 3, практична заняття 3-10	2
4	**Тема 4. Перемішування рідких систем.** Механічне перемішування рідини. Рух рідини в апаратах з мішалкою. Енергія, що витрачається на перемішування. Конструкції мішалок. Пневматичне перемішування. Альтернативні способи перемішування.	Лекція 4, практична заняття 3-10	3
5	**Тема 5. Основи теплопередачі.** Температурне поле та температурний градієнт. Теплопровідність. Конвекція та тепловіддача. Складна тепловіддача. Основне рівняння теплопередачі. Теплове та радіаційне випромінювання. Нестандартний теплообмін.	Лекція 5, практична заняття 3-10	4
6	**Тема 6. Нагрівання охолодження та конденсація.** Нагрівання водяною парою. Нагрівання гарячими рідинами. Нагрівання високотемпературними теплоносіями. Нагрівання топковими газами. Нагрівання електроенергією. Кипіння рідин. Охолодження до звичайних температур, Конденсація парі.	Лекція 6, практична заняття 3-10	4
7	**Тема 7. Основні конструкційні елементи апаратів біотехнологічних виробництв. Корпусні елементи.** Стандартні розміри апаратів. Підходи до вибору корпусу, штуцерів, фланців кришок і днищ. Креслення корпусів їх розрахунок. Принцип класифікації сплавів і сталей для виготовлення апаратів. Основні принципи створення креслень ємнісних апаратів.	Лекція 7, практична заняття 3-10	5
Розділ 3. Теплообмінні процеси у біоінженерії.			
8	**Тема 8. Основні конструкційні елементи апаратів біотехнологічних виробництв. Елементи систем перемішування і підведення повітря.** Правила вибору перемішуючих пристроїв. Розрахунки і креслення мішалок. Розрахунок сальників і принципи роботи систем перемішування. Розрахунок сил притискання і вибір елементів кріплення. Барботери і їх конструкція.	Лекція 8, практична заняття 11-20	6
9	**Тема 9. Теплообмінні апарати**. **Конструкції теплообмінники реакторів і ферментерів.** Класифікація теплообмінних апаратів. Схеми руху рідини в поверхневих теплообмінниках. Тепловий баланс процесу теплопередачі. Розрахунок теплообмінних апаратів. Розрахунки і принципи вибору конструкції теплообмінних елементів реакторів і ферментерів.	Лекція 9, практична заняття 11-20	7

10	**Тема 10. Розділення неоднорідних систем в полі гравітаційних сил.** Матеріальний баланс процесу розділення. Коагуляція частинок дисперсної фази. Осадження. Визначення швидкості осадження. Визначення продуктивності відстійника. Осадження під дією електричного поля. Конструкція осаджувачів. **Розділення неоднорідних систем в полі відцентрових сил.** Осадження в полі відцентрових сил. Осадження в циклонах. Розрахунок циклонів. Центрифугування. Кінетика центрифугування. Фактор розділення в центрифугах. Розрахунку відстійних центрифуг. Розрахунок фільтрувальних центрифуг. Конструкція центрифуг.	Лекція 10, практична заняття 11-20	8
11	**Тема 11. Фільтрування неоднорідних систем.** Кінетика фільтрування. Основне рівняння фільтрації. Режими фільтрування. Фільтрування суспензій. Фільтрування культуральних рідин. Фільтрування газових неоднорідних систем. Конструкція фільтрів.	Лекція 11, практична заняття 11-20	9
12	**Тема 12. Сушіння і випарювання**. Основні поняття. Сушильні агенти. I-X діаграма вологого повітря. Рівновага при сушінні. Матеріальний та тепловий баланс сушіння. Визначення витрати повітря та швидкості сушіння.Тепловий баланс процесу випарювання. Матеріальний баланс процесу випарювання. Однокорпусні випарні апарати. Багатокорпусні випарні установки. Розрахунок випарних апаратів та установок.	Лекція 12, практична заняття 11-20	10
Розділ 4. Масообміні процеси у біоінженерії.			
13	**Тема 13. Основи масопередачі.** Матеріальний баланс масообмінних процесів. Молекулярна дифузія. Конвекція та масопередача. Диференційне рівняння масопередачі. Рушійна сила процесів масопередачі. Розрахунок процесів масопередачі.	Лекція 13, практична заняття 21-26	11
14	**Тема 14. Абсорбція.** Рівновага при абсорбції. Матеріальний та тепловий баланс абсорбції. Абсорбція багатокомпонентних систем. Кінетика абсорбції. Розрахунок абсорберів.	Лекція 14, практична заняття 21-26	12
15	**Тема 15. Адсорбція.** Рівновага при адсорбції. Матеріальний та тепловий баланс адсорбції. Кінетика адсорбції. Розрахунок адсорберів. Десорбція. Іонний обмін.	Лекція 15, практична заняття 21-26	13
16	**Тема 16. Перегонка рідини.** Рівновага в системі рідина-пар. Проста перегонка. Безперервна бінарна ректифікація. Періодична ректифікація. Розрахунок ректифікаційних установок. Розрахунок ректифікації багатокомпонентних сумішей.	Лекція 16, практична заняття 21-26	14
17	**Тема 17. Екстракція.** Рівновага в системі рідина-рідина. Вибір екстрагенту. Матеріальний баланс рідинної екстракції. Кінетика рідинної екстракції. Основні способи екстракції. Розрахунок екстракційних апаратів.	Лекція 17, практична заняття 21-26	16
18	**Тема 18. Кристалізація.** Рівновага при кристалізації. Матеріальний та тепловий баланс кристалізації. Кінетика кристалізації. Розділення сумішей кристалізацією. Розрахунок кристалізаторів.	Лекція 18, практична заняття 21-26	15

Теми практичних занять

№	Тема
1	**Практичне заняття 1-2. Правила роботи у біоінженерній лабораторії та культура роботи з біоінженерним обладнанням.**
2	**Практичне заняття 3-7. Розрахунок гідродинамічних процесів.** Розрахунок процесу перемішування. Розрахунок процесу осадження. Розрахунок процесу фільтрування. Розрахунок процесу центрифугування.
3	**Практичне заняття 8-9. Дослідження процесу перемішування рідин.** Дослідити способи параметри перемішування мішалок різної конструкції
4	**Практичне заняття 10. Аналіз сфери застосування конструкцій для реалізації гідродинамічних процесів.** Ферментери. Відстійники. Циклони. Фільтри. Центрифуги.
5	**Практичне заняття 11-15. Розрахунок теплообмінних процесів.** Розрахунок процесу теплообміну (нагрівання, охолодження, конденсація). Розрахунок процесу випарювання. Розрахунок процесу сушіння
6	**Практичне заняття 16-17. Дослідження процесу теплообміну.** Дослідити параметри процесу теплообміну на прикладі теплообмінника типу «труба в трубі».
7	**Практичне заняття 18. Аналіз сфери застосування конструкцій для реалізації теплообмінних процесів.** Теплообмінники. Випарні апарати. Сушарки.
8	**Практичне заняття 19-20. Дослідження процесу випарювання.** Дослідження процесу випарювання на прикладі концентрування розчину солі.
9	**Практичне заняття 21-25. Розрахунок масообмінних процесів.** Розрахунок процесу сорбції. Розрахунок процесу перегонки. Розрахунок процесу екстракції. Розрахунок процесу кристалізації.
10	**Практичне заняття 26. Аналіз сфери застосування конструкцій для реалізації масообмінних процесів процесів.** Абсорбери. Адсорбери. Ректифікаційні колони. Дистилятори. Екстрактори. Кристалізатори
11	**Практичне заняття 27. Модульна контрольна робота**

4. Навчальні матеріали та ресурси

***Базова рекомендована література**:*

1. Процеси та обладнання хімічних технологій. Частина 1. Практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» спеціальності 133 Галузеве машинобудування / Корнієнко Я. М., Степанюк А. Р., Гулієнко С. В., Гайдай С. С., Семінський О. О. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,9 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 468 с.

2. Процеси та обладнання хімічних технологій. Частина 2. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для ступеня бакалавра за освіт. програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» спец. 133 Галузеве машинобудування / Корнієнко Я. М., Степанюк А. Р., Гулієнко С. В., Гайдай С. С., Семінський О. О. – Електрон. текст. дані (1 файл: 18,79 МБ). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 520 с.

3. Корнієнко, Я. М. Процеси та обладнання хімічної технології-3. Гідромеханічні та механічні процеси: практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньої програми «Комп’ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 6.9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 210 с.

4. Процеси та обладнання хімічних технологій. Частина 3. Теплообмінне обладнання. Теоретичні основи [Електронний ресурс]: навч. посіб. для для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп’ютеризовані системи проєктування промислового обладнання»

спеціальності G11 Машинобудування (за спеціалізаціями) / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Корнієнко Я. М., Степанюк А. Р., Гулієнко С. В., Гайдай С. С. – Друге вид. – Електрон. текст. дані (1 файл: 4 Мб). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 239 с.

5. Корнієнко, Я. М. Процеси та обладнання хімічної технології – 3. Масообмінні процеси. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» спец. 133 Галузеве машинобудування / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл: 9,93 МБ). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 255 с.

6. Процеси та апарати хімічної технології-1. Теплові процеси: лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізацією «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Б. І. Дуда, Г. С. Подиман. – Електронні текстові данні (1 файл: 2.9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 76 с.

7. Процеси та обладнання хімічних технологій. Базові принципи теорії тепломасообміну: практикум. (2-ге видання перероблене і доповнене) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньої програми «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Гулієнко, А. Р. Степанюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 128 с.

Додаткова література:

1. Стасевич М.В., Миланич., А.О., Стрельников Л.С., Крутських Т.В, Бучкевич І.Р., Зайцев О.І Гузьова., І.О., Стрілець О.П., Гладух Є.В., Новіков В.П. Технологічне обладнання біотехнологічної і фармацевтичної промисловості: підручник [для виш, навч. закл.] - Львів : Видавництво "Новий світ-2000", 2019. - 409 с.

2. Сухенко Ю.Г., Жеплінська М.М., Муштрук М.М. Процеси і апарати харчових виробництв. Лабораторний практикум: [Навчальний посібник] / За ред. проф. Ю.Г. Сухенка. – К. ЦП «КОМПРИНТ», 2018. – 234 с.

3. Новіков В.П., Сидоров Ю.І., Чуєшов В.І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості.Навч посібник для фарм і хім спец. ВНЗ: [Навчальний посібник] / В 3 томах - Вінниця; "Нова книга", 2009. - 816 с.

4. Промышленная технология лекарств. [учебник 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.

5. Стасевич М.В., Миланич., І.О., Гузьова., І.О., Бучкевич І.Р., Мусянович Р.Я., Гладух Є.В., Зайцев О.І Крутських Т.В, Стрілець О.П., Стрельников Л.С., Новіков В.П. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічної виробництв: навчальний посібник для студ. напрямку «Фармація і Біотехнолог» - Вінниця: «Нова книга», 2012. - 408 с.

6. Данилов І. П. Апарати мікробіологічної промисловості : навч посібник / І. П. Данилов, С. І. Самойленко ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2008. – 272 с.

7. Технологія ліків промислового виробництва: підручник для студ. вищ. навч. закл. : в 2-х ч. / В. І. Чуєшов, Є.В. Гладух, І. В. Сайко та ін. - 2-е вид., перероб. і доп. - Х. : НФаУ : Оригінал, 2012.

8. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новиков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв. Навч. посібник у 3 ч. – 4.І. Ферментація – Львів, Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004 – 240 с.

9. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новиков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв. Навч. посібник у 3 ч. – 4.ІІ. Оброблення культуральних рідин – Львів, Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004 – 296 с.

10. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новиков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв. Навч. посібник у 3 ч. –

4.III. Основи проектування мікробіологічних виробництв – Львів, Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004 – 252 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття *проводяться за класичною схемою: у наочній формі лектор викладає основний теоретичний матеріал відповідної теми. Під час лекції та після її завершення здобувачі мають можливість ставити запитання. З окремих питань лекційного курсу може проводитися дискусія між лектором і здобувачами, а також акцентуватися увага на важливих, принципових і проблемних питаннях. Під час лекцій здобувачі можуть робити нотатки. Презентації та/або конспекти лекцій, а також окремі їх фрагменти розміщуються в Google Classroom з можливістю завантаження.*

Практичні заняття *мають на меті поглиблення теоретичних знань та набуття практичних умінь і навичок за темами, що розглядаються в межах лекційного курсу та опрацьовуються здобувачами під час самостійної роботи.*

Практичні заняття передбачають виконання завдань трьох основних типів:

Розрахунок типових процесів та обладнання. Під час аудиторного заняття розглядаються приклади типових задач з розрахунку технологічного обладнання та/або відповідних процесів. За результатами опрацювання кожної теми здобувачі самостійно виконують розрахункові завдання за відповідною тематикою. Виконані завдання оцінюються відповідно до рейтингової системи оцінювання (РСО).

Аналіз конструкцій та обладнання для реалізації технологічних процесів. Завдання цього типу виконуються здобувачами в групах. Попередньо проводиться аналіз типового технологічного обладнання для реалізації певного процесу. Під час практичного заняття здобувачі представляють результати роботи у формі доповіді, яка має містити зображення конструкції апарата, позначення та характеристику основних конструктивних елементів, опис принципу роботи, а також переваги та недоліки обладнання.

Дослідження процесів та апаратів на практичних моделях. Практичні заняття цього типу передбачають дослідження особливостей перебігу технологічних процесів та принципів роботи апаратів для їх реалізації з використанням практичних або віртуальних моделей.

Модульна контрольна робота (МКР)*. На 15-му тижні здобувачі виконують модульну контрольну роботу. МКР проводиться у формі теоретичних завдань із відкритими відповідями.*

Індивідуальне завдання*. Вивчення освітнього компонента передбачає виконання здобувачами індивідуального завдання у формі розрахунково-графічної роботи (РГР). Робота передбачає підбір та розрахунок основного технологічного обладнання відповідно до вихідних даних завдання, а також виконання схематичного креслення загального вигляду апарата.*

Організація освітнього процесу*. Лекційні, практичні та лабораторні заняття проводяться відповідно до розкладу занять. У межах кожної теми спочатку проводяться лекційні заняття, на яких здобувачі опановують теоретичний матеріал, після чого проводяться відповідні практичні заняття, спрямовані на його закріплення та практичне застосування.*

Детальна інформація щодо організації освітнього процесу, завдань, методичних матеріалів, термінів виконання та оцінювання доводиться до відома здобувачів через відповідні канали комунікації, зокрема чат із викладачем у Telegram та через систему керування навчанням Google Classroom.

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Загальний об'єм самостійної роботи в рамках дисципліни складає 60 годин, зокрема:

- *опрацювання тем лекційних занять – 8 годин;*
- *підготовка до практичних занять – 10 годин;*

- *підготовка до лабораторних занять – 5 година;*
- *виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) – 4 годин*
- *підготовка до модульної контрольної роботи (МКР) – 3 години;*
- *підготовка до іспиту – 30 годин.*

Індивідуальне завдання

Навчальним планом передбачено виконання розрахунково-графічної роботи (РГР), метою якої є набуття практичних навичок вибору та розрахунку технологічного обладнання для реалізації біоінженерних процесів. Робота передбачає обґрунтування обраної конструкції апарата, виконання необхідних розрахунків та графічне зображення його загального вигляду на аркуші формату А4.

Зміст РГР

Розрахунково-графічна робота повинна містити:

- *титульний лист;*
- *вихідні дані для розрахунку;*
- *вступ, який має містити обґрунтування актуальності використання обраного апарата для реалізації відповідного технологічного процесу;*
- *обґрунтування вибору конструкції, що передбачає порівняльний аналіз можливих конструкцій апаратів для вирішення поставленого технологічного завдання та обґрунтування вибору оптимальної конструкції, зокрема з урахуванням конструкційних матеріалів для її виготовлення;*
- *розрахункову частину, яка передбачає виконання технологічного розрахунку обраного апарата відповідно до стандартних методик та заданих вихідних даних;*
- *графічну частину — схематичне креслення загального вигляду обраного апарата з позначенням основних конструктивних елементів;*
- *висновки, що містять основні результати виконаної роботи та оцінку відповідності обраної конструкції заданим технологічним умовам;*
- *перелік використаних джерел.*

Вимоги до оформлення:

- *РГР виконується на аркушах формату А4 з рамкою, шрифтом Times New Roman, 14 пт, з міжрядковим інтервалом 1,5.*
- *усі математичні формули, рівняння та розрахункові залежності мають бути набрані за допомогою вбудованого редактора формул (Microsoft Equation або аналогічного редактора), а не вставлені у вигляді зображень;*
- *усі схеми, креслення, рисунки та інші графічні матеріали мають бути чіткими, якісними та читабельними. Написи, позначення, розмірні лінії та інші елементи графічних матеріалів повинні мати достатній розмір для їх однозначного прочитання. Використання розмитих, низькоякісних зображень або зображень, на яких неможливо розібрати позначення та написи, не допускається.*

Організація виконання та оцінювання РГР

Завдання на виконання РГР видається здобувачам на 2-му тижні навчання. Термін подання виконаної роботи – 13-й тиждень навчання.

Оцінювання РГР здійснюється за такими критеріями:

- *якість виконання пояснювальної записки – 90 %;*
- *дотримання вимог нормативних документів щодо оформлення технічної документації – 10 %.*

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

- *Здобувачам можуть нараховуватися заохочувальні. Сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.*
- *Заохочувальні бали нараховуються за такі види діяльності:*
- *участь у міжнародних або всеукраїнських наукових конференціях, з'їздах тощо (за тематикою навчальної дисципліни) (за умови публікації тез доповідей) (до 5 балів);*
- *підготовка рукопису оглядової чи експериментальної статті для журналу або участь у конкурсах за тематикою навчальної дисципліни (до 10 балів).*

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

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:
Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо
Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: екзамен.
Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше 60 балів.
Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Питання, що виносяться на семестровий контроль відповідають тематиці лекційних та практичних занять.

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті, здійснюється згідно «Тимчасового положення про порядок визнання результатів навчання, набутих студентами КПІ ім. Ігоря Сікорського у неформальній / інформальній освіті» (https://osvita.kpi.ua/node/119).

Перелік питань які виносяться на семестровий контроль

Розділ 1. Вступ до процесів та апаратів біохімічних виробництв.
1. Процеси та апарати у біоінженерії: основні поняття та визначення.
2. Теорія подібності процесів та апаратів біохімічних виробництв.
Розділ 2. Гідродинамічні процеси у біоінженерії.
3. Гідродинамічні процеси.
4. Перемішування рідких систем.
5. Розділення неоднорідних систем в полі гравітаційних сил.
6. Фільтрування неоднорідних систем.
7. Розділення неоднорідних систем в полі відцентрових сил.
Розділ 3. Теплообмінні процеси у біоінженерії.

8. Основи теплопередачі.
9. Нагрівання охолодження та конденсація.
10. Теплообмінні апарати.
11. Випарювання.
12. Сушіння.
Розділ 4. Масообмінні процеси у біоінженерії.
13. Основи масопередачі.
14. Абсорбція.
15. Адсорбція.
16 Перегонка рідини.
17. Екстракція.
18. Кристалізація

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни
Обладнання необхідне для виконання лабораторних робіт:
1. Установка для дослідження процесу теплообміну.
2. Установка для дослідження процесу випарювання.
3. Установка для дослідження процесу дистиляції.
Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: к.т.н., доц. Левтун І.І., асистент Бертош Н.В.

Ухвалено кафедрою трансляційної медичної біоінженерії (протокол №16 від 24 червня 2026 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 25 червня 2026 р.)

Додаток А

Питання на МКР

1. Які основні принципи закладені в проектування будь якого апарату? Що треба знати перед створенням креслення?

2. Що таке теорія подібності? Яким чином вона дозволяє масштабувати апарати? Які критерії подібності можна застосувати для масштабування?

3. Що таке штуцер? Які види штуцерів застосовуються в біотехнології?

4. Опишіть матеріали з яких виконують апарати біотехнологічних виробництв. Яким чином необхідно обирати сплав для виготовлення апарата?

5. Які основні перемішуючі пристрої використовуються в біотехнології? Наведіть приклади мішалок і назвіть для яких середовищ їх варто використовувати.

6. Яким чином забезпечується аерація середовищ в біотехнології? Що таке барботер і які основні принципи його роботи?

7. Що таке критерій Рейнольдса і що він показує? В яких випадках бажано щоб він перевищував а в яких був менший свого критичного значення?

8. Опишіть основні теплообмінні процеси які використовуються в біотехнології. Як обрати теплоносій? В яких випадках доцільно використовувати пару? Які технологічні елементи використовуються для підігріву і охолодження апаратів?

9. Як правильно обирати товщину стінки апарата? Які величини мають бути враховані? Які параметри середовища впливають на вибір матеріалу і товщину?

10. В яких випадках доцільно використовувати люки і оглядові вікна? Які параметри і конструкційні рішення являються необхідними при виборі люків і вікон?

___ Питання конструкції апаратів. Студент має передбачити всі необхідні конструкційні елементи і прилади контролю.

11. Наведіть схематичний вигляд закритого змішувача для порошку і рідини. Опишіть, що необхідно для процесу перемішування і масообміну. В чому різниця між в’язким і не в’язким середовищем? Які елементи необхідні для його безпечної роботи? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?

12. Наведіть схематичний вигляд механічного фільтра або фільтра з насипним наповненням (В обох випадках з тиском вищим за атмосферний). Який принцип роботи фільтра? Що таке ефективність фільтра? Які параметри входять в основне рівняння фільтрування (Що саме впливатиме на швидкість фільтрування)? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?

13. Наведіть схематичний вигляд осаджувача забезпеченого трубою передавлювання або будь якої центрифуги. Що таке седиментація? Які існують варіанти осадження? Які конструкційні елементи залежать від природи речовини що розділяється? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?

14. Наведіть схематичний вигляд сушарки або випарного апарата будь якого тиску. Який закон лежить в основі процесу? Яким чином доцільно підводити тепло і від чого це залежить? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?

15. Наведіть схематичний вигляд абсорбційної колони. В чому полягає основний принцип її роботи? Які елементи мають забезпечити її ефективну роботу? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?

16. Наведіть схематичний вигляд ферментера для аеробного культивування без механічного перемішування. Які необхідні елементи для його роботи? За рахунок чого в такому ферментері можуть проходити масообміні

процеси? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?

17. Наведіть схематичний вигляд ферментера для анаеробного культивування з приладом механічного перемішування (Будь яка мішалка) і нагріванням культурального середовища. Яким чином забезпечити рівномірний нагрів і точний контроль температури? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?

18. Наведіть схематичний вигляд ферментера для анаеробного культивування з приладом механічного перемішування (Будь яка мішалка) і охолодженням культурального середовища. Чим такий апарат відрізняється від апарата з нагріванням? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?

19. Наведіть схематичний вигляд теплообмінного апарату (будь якого типу) для рідкого середовища з нагрівом парою. Чим визначається кількість проходів? Які температури і які інші параметри треба контролювати для точної роботи такого апарату? Які прилади контролю ви пропонуєте для цього (Показати де вони встановлені на зображенні)?

20. Наведіть схематичний вигляд мембранного фільтра (Будь-яка мембрана) або молекулярного сита. На чому заснований процес розділення і в чому принципова відмінність від звичайного фільтрування? Які параметри варто контролювати в вашому приладі і які прилади контролю ви пропонуєте (Показати де вони встановлені на зображенні)?