



Моделювання гідродинаміки суцільного середовища

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 - Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 – Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредити (150 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	3 години на тиждень (1 година лекційних та 2 години практичних занять)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Керівник курсу: к.т.н., доц. каф. БТ та І, Костик Сергій Ігорович, 044-204-94-51, <a href="mailto:kostyksergey@ukr.net">kostyksergey@ukr.net</a>
Розміщення курсу	Кампус, Google classroom

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна ґрунтується на знаннях, одержаних здобувачами при вивченні навчальних дисциплін, а саме – математика; фізика; хімія; процеси і апарати біотехнологічних виробництв; теорія автоматичного керування та інших спец дисциплін магістратури.

**Метою** вивчення дисципліни «Моделювання гідродинаміки суцільного середовища» є формування у аспірантів здатностей: працювати самостійно та у складі команди, мотивуючи на досягнення спільної мети; визначати техніко-економічну ефективність машин, процесів, устаткування й організації гідродинамічних процесів та їхніх складників на основі застосовування аналітичних методів і методів комп'ютерного моделювання; застосовувати та вдосконалювати наявні кількісні математичні, наукові й технічні методи, а також комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань прикладної гідродинаміки і гідростатики; втілювати передові інженерні розробки для отримання практичних результатів; складати описи принципів дії та будови проєктованих виробів і об'єктів з обґрунтуванням прийнятих технічних

рішень; розробляти технічні завдання на проектування і виготовлення машин, приводів, обладнання, систем і нестандартного устаткування та засобів технологічного оснащення, вибирати обладнання й технологічне оснащення.

Відповідно до освітньої програми дисципліна має забезпечувати:

**Загальні компетентності:**

- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК1);
- Здатність працювати в міжнародному науковому контексті (ЗК3).
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність), проведення наукових досліджень на відповідному рівні (ЗК4);
- Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері біотехнологій та біоінженерії на основі на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності (ЗК5).

**Фахові компетентності:**

- Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері біотехнологій та біоінженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з біотехнології й та суміжних галузей (ФК2);
- Здатність критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові та комплексні ідеї у сфері біотехнології та біоінженерії та з дотичних міждисциплінарних питань (ФК3);
- Здатність застосовувати сучасні методи та інструменти досліджень, і цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та викладацькій діяльності (ФК6);
- Здатність генерувати нові ідеї щодо розвитку теорії та практики о біотехнологій та біоінженерії, виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницької о характеру, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (ФК9).

**Програмні результати навчання**

- Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (ПРН7).

- Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біотехнологій та біоінженерії та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів та дотримання норм професійної та академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (ПРН10).

- Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані (ПРН14).

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

Дисципліна «Моделювання гідродинаміки суцільного середовища» забезпечує роботу над дисертацією на здобуття ступеня доктор філософії, а саме, розділу математичного і комп'ютерного моделювання гідродинамічних процесів в біотехнології та біоінженерії.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

- Тема 1. Гідродинамічні процеси перемішування газорідних компонентів
- Тема 2. Структурна сітка
- Тема 3. Масштабування при комп'ютерному моделюванні
- Тема 4. Розбиття сітки поверхневого шару
- Тема 5. Задання граничних умов процесу для здійснення моделювання
- Тема 6. Математичні моделі та системи рівнянь
- Тема 7. Розбиття граничних умов по потокам
- Тема 8. Створення 3D-моделей складальних одиниць та деталей
- Тема 9. Моделювання складових частин апаратів
- Тема 10. Комп'ютерне моделювання процесів з встановленням робочих граничних умов

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### Базова література:

1. Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації [Електронний ресурс] : підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-проф. прогр. «Комп'ютерно- інтегровані системи та технології в приладобудуванні» / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 115.44 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 267 с. – Назва з екрана.
2. Моделювання та оптимізація систем: підручник / Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., Усов А. В. – Вінниця : ПП «ТД«Еднльвейс», 2017. – 804 с. – ISBN 978-617-7237-23-4
3. Моделювання процесів і обладнання харчових виробництв / Потапов В.О., Поперечный А.М., Корнийчук В.Г. – Київ: «Центр навчальної літератури», 2019. – 312 с. – ISBN 978-611-01-0335-0
4. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Метод обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко та інші; за заг. Ред.. Р.Н.Кветного. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 191 с. ISBN 978-966-641-520-5
5. Ю.І. Сидоров, Р.Й. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Частина III. Основи проектування мікробіологічних виробництв. [Текст]: підручник/ Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новіков. – Львів, Видання національного університету «Львівська політехніка». 2004р. – 199с.
6. А.П. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферова ANSYS в руках інженера: практичне керівництво. – М.: Едіторіал УУРС, 2003. –272 с

#### Додаткова література:

7. X. Chen and Y. Liu, Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench, CRC press, 2018.
8. ANSYS Help System, ANSYS Mechanical User's Guide, vol. 3304, Release 15, ANSYS, Inc., 2012.
9. ANSYS 2020 R1, ANSYS DesignXplorer User's Guide, vol. 15317, ANSYS, Inc., 2021.
10. G. Grebenişan and N. Salem, "The multi-objective genetic algorithm optimization, of a superplastic forming process, using Ansys®," in MATEC Web of Conferences, vol. 126, 2017.

11. Kohnke, P.C., ANSYS, I., 1999. ANSYS Theory Reference: Release 5.6. ANSYS Incorporated.

12. Madenci, E., Guven, I., 2015. The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS®. Springer US, Boston, MA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7550-8>.

13. Korobiichuk, I.; Mel'nick, V.; Shybetskyi, V.; Kostyk, S.; Kalinina, M. Optimization of Heat Exchange Plate Geometry by Modeling Physical Processes Using CAD. Energies 2022, 15, 1430. <https://doi.org/10.3390/en15041430>.

14. A. Gauchia, B. L. Boada, M. J. L. Boada, and V. Diaz, "Integration of MATLAB and ANSYS for advanced analysis of vehicle structures," MATLAB applications for the practical engineer, vol. 2017, 2014.

15. ДСТУ 3278-95 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення.

16. Севаст'янов І. В. Теорія технічних систем. [Текст]: навчальний посібник. Ч1 / І. В. Севаст'янов- Вінниця, ВНТУ, 2004- 125с.

17. Севаст'янов І. В. Теорія технічних систем. [Текст]: навчальний посібник. Ч2 / І. В. Севаст'янов- Вінниця, ВНТУ, 2004- 72с.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Вступ. Поняття моделювання. Класифікація моделей. Гідродинамічні процеси перемішування газорідних компонентів Література [5, 6, 7, 10]	1
2	Генерелізація сітки. Структурна сітка. Література [1,2, 3]	1
3	Масштабування в пакеті середовища ANSYS. Література [1, 2, 3]	1
4	Розбиття сітки поверхневого шару в пакеті середовища ANSYS. Література [1, 2, 3]	1
5	Задання граничних умов процесу для здійснення моделювання обладнання фармацевтичного та біотехнологічного виробництва. Література [1, 2, 3, 4, 10]	1
6	Задання граничних умов процесу для виконання математичної моделі та системи рівнянь. Література [1, 2, 3, 4, 9, 10]	1
7	Розбиття граничних умов по потокам. Вплив моделювання на якість та розмір сітки. Література [1, 2, 3, 4, 9]	2
8	Створення 3D-моделей складальних одиниць та деталей. Література [4, 5, 6, 7]	2
9	Моделювання 3D-складових частин апаратів Література [5, 6, 7, 10]	2
10	Робочі граничні умови Література [1, 2, 3, 4, 9]	1
	<b>Всього</b>	<b>13</b>

#### Комп'ютерні практикуми

Основні цілі комп'ютерних практикумів – закріпити знання, отриманні при вивченні теоретичного курсу. Набути навичок 3D-моделювання машин та особливостей моделювання

процесів в біотехнологічному обладнанні та їхніх складових на основі застосування аналітичних методів і методів комп'ютерного моделювання.

№ з/п	Назва комп'ютерного практикуму	Кіл-ть ауд. годин
1	Вступ до моделювання гідродинаміки процесів перемішування газорідних компонентів в ємнісному обладнанні фармацевтичного та біотехнологічного виробництва.	2
2	Створення-розбиття на елементи сітки структурних складових апаратів. Методи побудови сітки. Масштабування сітки. Розбиття сітки поверхневого шару елементів конструкції	2
3	Основи задання граничних умов процесу для здійснення моделювання обладнання фармацевтичного та біотехнологічного виробництва	2
4	Математичні моделі та системи рівнянь для задання граничних умов процесу.	4
5	Розбиття граничних умов по потокам газорідних компонентів в обладнанні та встановлення особливостей конструкцій	4
6	Проведення комп'ютерного моделювання складових частин апаратів з завданням експериментальних граничних умов	4
7	Комп'ютерне моделювання процесів ємнісного обладнання фармацевтичного та біотехнологічного виробництва з встановленням робочих граничних умов	4
8	Модульна контрольна робота	2
9	Екзамен	2
	<b>Всього</b>	<b>26</b>

#### 6. Самостійна робота аспіранта

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кіль-ть год
1	Особливості встановлення програмного середовища ANSYS	2
2	Вибір необхідних програмних пакетів в середовищі ANSYS	3
3	Базові операції та функції при роботі в пакеті середовища ANSYS Fluid Flow (CFX)	4
4	Базові операції та функції при роботі в пакеті середовища ANSYS Fluid Flow (Fluent)	4
5	Базові операції та функції при роботі в пакеті середовища ANSYS Hydrodynamic Diffraction	4
6	Базові операції та функції при роботі в пакеті середовища ANSYS Fluid Flow (Polyflow)	6
7	Основні методи побудови сітки, вибір оптимальної конфігурації	4
8	Класифікація способів задання граничних умов масообмінних процесів	6
9	Основні прийоми при побудові 3D-моделей конструкцій обладнання фармацевтичного та біотехнологічного виробництва	6

10	Здійснення форматування трьох основних виглядів при переході від 3D-моделі до 2D-моделі	6
11	Основні критеріальні рівняння моделювання гідродинаміки в ємнісному обладнанні	4
12	Вибір оптимальних граничних умов та встановлення особливостей введення одиниць розмірностей при проведенні процесів	6
13	Обробка результатів моделювання обладнання фармацевтичного та біотехнологічного виробництва	6
14	Виконання роботи згідно з індивідуальним завданням	30
15	Підготовка до екзамену	20
	<b>Всього</b>	<b>111</b>

Програмою передбачене виконання модульної контрольної роботи. Метою контрольних робіт є перевірка засвоєння аспірантами теоретичних знань та практичних навичок, отриманих на лекціях та практичних заняттях. Питання до МКР наведені у Розділі 9.

Протягом семестру аспіранти виконують роботу згідно з індивідуальним завданням та тематикою власного дисертаційного дослідження, яка являє практичну розробку, виконану аспірантом, і має на меті підтвердити його вміння самостійно вирішувати поставлені запитання.

Основні задачі виконання індивідуально завдання:

- систематизація, закріплення і розширення теоретичних знань, отриманих у процесі навчання та їх практичне використання при вирішенні конкретних інженерних, наукових, виробничих питань пов'язаних з дослідженням та проектуванням обладнання біотехнологічної галузі;
- розвиток навичок самостійної роботи, оволодіння методикою комп'ютерного моделювання процесів, що протікають в обладнанні біотехнологічної галузі;
- використання сучасних інформаційних технологій для розв'язання задач, які передбачені завданням.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Аспіранти 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

Штрафні бали в рамках навчальної дисципліни передбачені за запізнення здачі практичних завдань, в свою чергу заохочувальні бали не передбачені.

### **Політика дедлайнів та перескладань**

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, аспіранти 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 недоброчесної 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 екзамену за іншого здобувача; 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>

У випадку виявлення випадків академічної не доброчесності та плагіату в індивідуальних видах робіт аспірант зобов'язаний переробити даний вид робіт відповідно до власного варіанту завдання до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія).

### **Політика академічної поведінки і етики**

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

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

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

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

**Поточний контроль:** виконання комп'ютерних практикумів, написання МКР

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** Екзамен.

**Умови допуску до семестрового контролю:** зарахування усіх комп'ютерних практикумів, виконання МКР.

Умовою першої атестації є отримання не менше 15 балів та виконання всіх комп'ютерних практикумів (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 30 балів, виконання всіх комп'ютерних практикумів (на час атестації) та робота на лекціях.

1. Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів (семестровий контроль **Rc**), що він отримує за:

- 1) виконання комп'ютерних практикумів – 35 балів
- 2) модульна контрольна робота – 10 балів.

3) робота за індивідуальним завданням – 15 балів

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Виконання комп'ютерних практикумів, максимальне значення  $7 \times 5 = 35$  бали:

- «відмінно», вчасне правильне виконання завдання комп'ютерного практикуму – 5 балів;
- «добре», вчасне виконання завдання комп'ютерного практикуму з неточностями – 4 балів;
- «задовільно», невчасне виконання завдання комп'ютерного практикуму – 3 бали;
- «незадовільно», невиконання завдання комп'ютерного практикуму – 0 балів.

2.2. Модульна контрольна робота – 10 балів:

- «відмінно» - виконання 100% задачі під час заняття – 10-9 бали.
- «добре» - виконання 80% задачі під час заняття – 8-7 бали.
- «задовільно» - виконання  $\geq 50\%$  задачі під час заняття – 6-5 бал.
- «незадовільно» - невиконання задачі під час заняття – 0 балів.

2.3. Робота за індивідуальним завданням – 15 балів:

- «відмінно», виконані всі вимоги до індивідуальної роботи – 15 - 14 балів;
- «добре», виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 13-11 балів;
- «задовільно», є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 10-8 балів;
- «незадовільно», не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

За запізнення із здачею індивідуальної роботи на перевірку нараховується штрафні бали(-5).

2.4. Екзаменаційна контрольна робота максимально оцінюється в 40 балів ( $R_E$ ). Контрольне завдання цієї роботи складається з двох запитань (одне теоретичне інше практичне). Перелік питань і практичних завдань, надається аспірантам в період підготовки до складання основної сесії. Після написання екзаменаційної контрольної роботи, здобувач усно чи з використанням засобів відео зв'язку, в режимі реального часу, проходить співбесіду із викладачем по відповідям на завдання контрольної роботи.

Кожне питання оцінюється в 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд та вірно повністю виконане практичне завдання – 40-37 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь на теоретичне питання та вірне виконання практичного завдання(не менше 75% потрібної інформації), що виконані згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності – 36-30 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь та/або не повне виконання практичного завдання (не менше 60% потрібної інформації) – 29-22 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 (пункт 6):

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

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок.

Бали	Оцінка за університетською шкалою
100 ... 95	відмінно
94 ... 85	дуже добре
84 ... 75	добре
74 ... 65	задовільно
64 ... 60	достатньо
менше 60	незадовільно
Є не зараховані види робіт	не допущено

***Повний перелік питань, який буде винесено на екзамен, вимоги до виконання індивідуальних завдань та розділи, що будуть винесені на МКР буде надано і роз'яснено здобувачам впродовж семестру.***

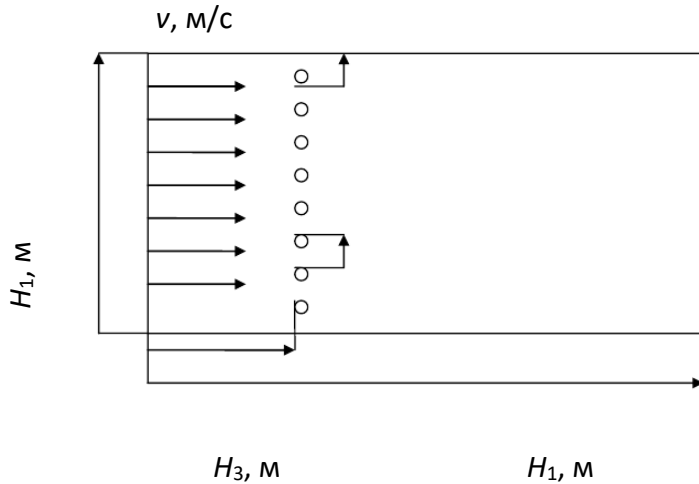
***У разі виникнення непереборних обставин чи інших форс-мажорних ситуацій чи інших обставин та за відповідного розпорядження по університету/факультету в силабус можуть бути внесені зміни, про які будуть повідомлені всі здобувачі.***

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### **Запитання до МКР**

Двовимірний потік рідини рухається між двома паралельними нескінченно широкими горизонтальними площинами довжиною  $H_2$ , м. Відстань між площинами  $H_1$ , м. Вхідна швидкість потоку  $v$ , м/с при атмосферному тиску і температурою  $t$ , °С. На виході системи задано надлишковий тиск  $a$  атмосфера. Потік води зустрічає перешкоду з  $b$  горизонтальних довгих стрижнів з діаметром  $D$ , розташованих поперек потоку  $H_3$ , м.

Визначити поле розподілу швидкості рідких частинок в потоці і поле розподілу кінетичної турбулентної енергії.



Варіант	$H_1, \text{ м}$	$H_2, \text{ м}$	$H_3, \text{ м}$	$v, \text{ м/с}$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$a$	$b$	$D, \text{ м}$
1	8	100	15	0,5	20	1	8	0,4
2	7	80	20	0,9	30	2	6	0,35
3	10	120	25	0,6	50	0,8	12	0,2
4	9	130	18	0,7	60	1,5	8	0,45
5	12	110	30	1	72	2,2	10	0,6
6	8	90	16	0,4	40	1,4	7	0,5
7	7	100	22	0,8	36	1,4	7	0,45
8	10	115	46	0,6	48	0,8	11	0,25
9	9	130	18	0,7	60	1,5	8	0,45
10	12	110	30	1	72	1,8	11	0,6

### Тематика індивідуальних завдань

Теми роботи присвячені розв'язанню задач пов'язаних з вивченням нових та вдосконаленням існуючого обладнання біотехнологічної галузі і повинні бути направлені на проведення досліджень в таких напрямках:

- моделювання процесів в новому обладнанні біотехнологічної галузі;
- інтенсифікація, поліпшення якості, збільшення виходу продукту, зменшення витрат енергії та сировини, використання нових фізичних методів впливу на процеси біотехнологічної галузі;
- поліпшення конструктивних параметрів обладнання біотехнологічної галузі.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доцент Костик С.І.

Ухвалено кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 13 від 19.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 11 від 26.06.2024 р.)