

03-06-175S

<b>СИЛАБУС</b>	<b>Процеси та апарати біотехнологічних виробництв</b>	
<b>SYLLABUS</b>	<b>Processes and Equipment for Biotechnological Production</b>	
Шифр за ОП <i>Code in Degree Programme</i>	OK24	
Освітній рівень <i>Level of Education</i>	Бакалаврський (перший) <i>Bachelor's (first)</i>	
Галузь знань <i>Field of Knowledge</i>	<b>G</b>	Інженерія, виробництво та будівництво <i>Engineering, production and construction</i>
Спеціальність <i>Field of Study</i>	<b>G21</b>	Біотехнології та біоінженерія <i>Biotechnology and Bioengineering</i>
Освітня програма <i>Degree Programme</i>	Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика <i>Biotechnology, biorobotics and bioenergy</i>	

Силабус навчальної дисципліни «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності G21 «Біотехнології та біоінженерія». Рівне. НУВГП. 2026. 24 с.

ОП на сайті університету: <https://ep3.nuwm.edu.ua/36092/>.

Розробник силабусу: Грицина Олександр Олександрович, к.т.н., доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи

Силабус схвалений на засіданні кафедри  
Протокол №9 від "11" березня 2026 року

Завідувач кафедри: Мартинов Сергій Юрійович, доктор технічних наук, професор.


Керівник (гарант) ОП: Бєдункова Ольга Олександрівна, доктор біологічних наук, професор, професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ  
Протокол №7 від "17" березня 2026 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІ: Макаренко Руслан Миколайович, кандидат технічних наук, професор.

Попередні версії силабусу: 03-06-73S, 03-02-03S

© Грицина О.О., 2026  
© НУВГП, 2026

<b>ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ</b> <i>навчальної дисципліни «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв»</i>	
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Освітня програма	Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика (ID 81756)
Спеціальність	G21 Біотехнології та біоінженерія
Рік навчання, семестр	2,3 рік, 4,5 семестр
Кількість кредитів	7,5 кредитів ЄКТС
Лекції:	30 годин
Лабораторні роботи:	30 години
Практичні заняття:	30 годин
Самостійна робота:	135 годин
Курсова робота	так
Форма навчання	денна
Форма підсумкового контролю	4 семестр – залік, 5 семестр – екзамен.
Мова викладання	державна
<b>ІНФОРМАЦІЯ ПРО РОЗРОБНИКА</b>	
	<i>Грицина Олександр Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи</i>
Вікіситет	<a href="#">Грицина Олександр Олексійович</a>
ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6390-7959">https://orcid.org/0000-0002-6390-7959</a>
Як комунікувати	<i>email: <a href="mailto:o.o.hrytsyna@nuwm.edu.ua">o.o.hrytsyna@nuwm.edu.ua</a> Актуальні оголошення в системі MOODLE</i>
<b>ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНІЙ КОМПОНЕНТ</b>	
<b>Мета та завдання</b>	
<p><b>Мета дисципліни:</b> Сформувати у здобувачів практичні та теоретичні компетентності, необхідні для проєктування, аналізу й оптимізації біотехнологічних процесів та апаратів; навчити застосовувати сучасні математичні методи, фізичні принципи й інженерні підходи; обирати та обґрунтовувати устаткування, забезпечувати безпечність та екологічність виробництва.</p> <p><b>Завдання дисципліни:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Застосування теорії на практиці — навчити виконувати матеріальні та енергетичні баланси, моделювати процеси й здійснювати складні інженерні розрахунки.</li> <li>• Проєктування технологічних систем — сформувати навички розроблення апаратурно-технологічних схем, технічних вимог і специфікацій обладнання.</li> <li>• Вибір та обґрунтування обладнання — навчити вибирати насоси, теплообмінники, фільтри, сушарки та інше устаткування з урахуванням технічних, економічних і санітарно-гігієнічних вимог.</li> </ul>	

- Розрахунок апаратів — відпрацювати навички проведення гідродинамічних, масообмінних і теплових розрахунків для обґрунтування конструктивних рішень.
- Забезпечення безпеки та екологічності — ознайомити з вимогами біобезпеки, охорони праці та промислової санітарії; навчити оцінювати екологічні ризики біотехнологічних виробництв.
- Розвиток аналітичних і проєктних компетентностей — формувати вміння розв'язувати міждисциплінарні завдання в умовах невизначеності, планувати проєкти та готувати техніко-економічні обґрунтування (ТЕО).

**Посилання на розміщення освітнього компонента на навчальній платформі Moodle**

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=4160>

**Передумови вивчення  
(місце освітнього компоненту в структурно-логічній схемі)**

За своїм змістом дисципліна «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв» базується на досвіді і знаннях студентів, здобутих при засвоєнні дисциплін «Біологія клітини», «Загальна хімія», «Органічна, фізична та колоїдна хімія», «Фізика з основами біофізики», «Вища математика», «Біохімія», «Загальна мікробіологія та вірусологія», «Загальна біотехнологія», «Біобезпека та біоетика», «Інженерна та комп'ютерна графіка» тощо.

**Компетентності**

IK. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю у біотехнології та біоінженерії, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів біотехнології та біоінженерії.

K10. Здатність використовувати знання з математики та фізики в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

K18. Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

K20. Здатність складати апаратурні схеми виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

K22. Здатність оцінювати ефективність біотехнологічного процесу.

**Програмні результати навчання (ПРН)**

ПР15. 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.

ПР16. Базуючись на знаннях, одержаних під час практики на підприємствах та установах, вміти здійснювати продуктивний розрахунок і розрахунок технологічного обладнання.

ПР17. Вміти складати матеріальний баланс на один цикл виробничого процесу, специфікацію обладнання та карту постадійного контролю з наведенням контрольних точок виробництва.

ПР18. 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.

ПР20. Вміти розраховувати основні критерії оцінки ефективності біотехнологічного процесу (параметри росту біологічних агентів, швидкість синтезу цільового продукту, синтезувальна здатність біологічних агентів, економічний коефіцієнт, вихід цільового продукту від субстрату, продуктивність, вартість поживного середовища тощо).

## Структура та зміст освітнього компонента

Освітня компонента складається з двох модулів, поділених на п'ять змістовних модулів.

### **Модуль 1. Процеси та апарати біотехнологічних виробництв.**

#### **Змістовий модуль 1. Основи гідравліки та моделювання біопроектів.**

- **Тема 1. Вступ. Моделювання процесів і апаратів. Гідростатика.**
  - **Опис теми:** Огляд предмета курсу, цілі та структура навчальної дисципліни; методи математичного і фізичного моделювання технологічних процесів; основні поняття гідростатики — тиск, сила, рівновага, закони Паскаля і Архімеда; застосування гідростатики під час **проектування** апаратів підготовчих операцій.
  - **Компетентності та ПРН:** ІК; К10; ПР15. Студент застосовує математичні методи і закони гідростатики для аналізу робочих режимів апаратів та обґрунтування вибору обладнання.
- **Тема 2. Режими руху рідини. Гідродинаміка.**
  - **Опис теми:** Ламінарний і турбулентний режими руху, критерії подібності ( $Re$ ,  $Fr$ ), спрощені форми рівнянь руху рідини; розрахунок витрат і гідравлічних втрат у трубопроводах; вплив гідродинаміки на масо- і теплообмін у апаратах.
  - **Компетентності та ПРН:** К10; К22; ПР15; ПР20. Студент розраховує гідродинамічні режими, оцінює їхній вплив на ефективність біотехнологічного процесу.
- **Тема 3. Гідравлічні машини. Насоси: вибір і розрахунок.**
  - **Опис теми:** Класифікація насосів і компресорів, робочі характеристики, методика **вибору** насоса для технологічних схем біотехнологічного виробництва; техніко-економічні показники і вимоги до обладнання для біологічних середовищ.
  - **Компетентності та ПРН:** К18; К20; ПР16; ПР18. Студент **вибирає** насосне обладнання, складає апаратурні схеми та технічні вимоги.
- **Тема 4. Трубопровідні мережі. Арматура і гідравлічні втрати.**
  - **Опис теми:** Розрахунок лінійних і місцевих втрат тиску, вибір діаметрів труб, вибір арматури; інтеграція трубопровідної мережі в апаратурну схему виробництва з урахуванням біобезпеки й експлуатаційних вимог.
  - **Компетентності та ПРН:** К10; К20; ПР17; ПР18. Студент складає матеріальний і гідравлічний баланси, оформлює схеми трубопроводів і контрольні точки.

#### **Змістовий модуль 2. Механічні процеси і методи розділення неоднорідних систем**

- **Тема 5. Механічні процеси. Підготовка сировини і матеріальний баланс.**
  - **Опис теми:** Подрібнення, просіювання, **сортування (зрохочення)**, класифікація частинок; складання матеріального балансу операцій підготовки сировини і напівфабрикатів; специфікація обладнання.
  - **Компетентності та ПРН:** К18; К20; ПР15; ПР17. Студент виконує матеріальні баланси, обґрунтовує вибір обладнання для підготовчих операцій.
- **Тема 6. Осідання. Седиментація і відстоювання.**
  - **Опис теми:** Закони осідання частинок у гравітаційному полі, критерії ефективності відстійників, розрахунок часу осідання і геометрії апаратів; лабораторні методи визначення швидкості осідання.
  - **Компетентності та ПРН:** К18; ПР15; ПР17. Студент розраховує

конструкцію осаджувальних апаратів і проводить розрахунки матеріального балансу.

- **Тема 7. Фільтрування і центрифугування. Методи і апарати.**
  - **Опис теми:** Принципи роботи рамних фільтр-пресів, стрічкових фільтрів, мембранних систем і центрифуг; розрахунок продуктивності, вибір режимів і критерії відбору для біологічних суспензій; питання очищення і регенерації.
  - **Компетентності та ПРН:** K18; K20; ПР15; ПР16. Студент обирає метод розділення, розраховує параметри установок.
- **Тема 8. Перемішування. Аерація, гомогенізація і енергетика процесу.**
  - **Опис теми:** Типи мішалок і аераторів, критерії ефективності перемішування у рідких і газо-рідинних системах, визначення енергетичних витрат, масштабування режимів; вплив перемішування на життєздатність мікроорганізмів.
  - **Компетентності та ПРН:** K10; K18; K22; ПР15; ПР20. Студент розраховує параметри перемішування, оцінює енергоспоживання і вплив режимів на продуктивність.

**Модуль 2. Теплові процеси і устаткування виробництва галузі**

**Змістовий модуль 3. Теплові процеси і апарати тепломасообміну**

- **Тема 9. Загальні закономірності теплових процесів. Нагрівання і охолодження.**
  - **Опис теми:** Механізми теплопередачі, теплові опори, теплофізичні властивості біосередовищ; розрахунок режимів нагрівання і охолодження з урахуванням термочутливості біологічних агентів.
  - **Компетентності та ПРН:** K10; K18; ПР15; ПР16. Студент виконує теплові розрахунки і обґрунтовує вибір теплового обладнання.
- **Тема 10. Теплообмінники. Конструкції і розрахунок.**
  - **Опис теми:** Порівняння пластинчастих, спіральних та кожухотрубних теплообмінників; методика розрахунку теплової потужності, вибір теплообмінника для стерильних і нестерильних потоків.
  - **Компетентності та ПРН:** K18; K20; ПР16; ПР18. Студент вибирає теплообмінник, складає технічні вимоги і відображає апарат у технологічній схемі.
- **Тема 11. Випарювання і конденсація. Концентрування розчинів.**
  - **Опис теми:** Принципи випарювання, конструкції випарних апаратів, енергетичні баланси, розрахунок продуктивності й оцінювання ризику термічної деградації біопродуктів.
  - **Компетентності та ПРН:** K10; K22; ПР16; ПР20. Студент виконує розрахунки випарних установок, оцінює їхню ефективність та вплив на якість продукту.
- **Тема 12. Сушіння. Кінетика і апарати сушіння.**
  - **Опис теми:** Кінетика конвективного і контактного сушіння, типи сушильних апаратів, розрахунок режимів сушіння; оцінювання впливу сушіння на стабільність і якість біопродукту.
  - **Компетентності та ПРН:** K18; K22; ПР15; ПР20. Студент обґрунтовує вибір сушильного обладнання і розраховує його параметри.

**Змістовий модуль 4. Масообмінні процеси: сорбція, екстракція і біореактори**

- **Тема 13. Закономірності масообміну. Коефіцієнти і методи вимірювання.**
  - **Опис теми:** Основи дифузії і конвективного масопереносу, коефіцієнти масопереносу, методи визначення  $k_L a$ ; інтенсифікація

масообміну в системі мікроорганізм–рідина–газ.

- **Компетентності та ПРН:** K10; K22; ПР20; ПР17. Студент розраховує коефіцієнти масопереносу, оцінює їхній вплив на швидкість синтезу цільового продукту.
- **Тема 14. Сорбційні процеси. Абсорбція і адсорбція.**
  - **Опис теми:** Механізми сорбції, вибір сорбентів, графічні методи розрахунку абсорбційних процесів, матеріальний баланс для сорбційних апаратів.
  - **Компетентності та ПРН:** K18; K20; ПР15; ПР17. Студент виконує розрахунок сорбційних колон і складає специфікацію обладнання.
- **Тема 15. Екстрагування. Кінетика і оптимізація процесу.**
  - **Опис теми:** Матеріальний баланс екстрагування, швидкість внутрішньої і зовнішньої дифузії, вибір розчинників (екстрагентів) і апаратів, оптимізація режимів для біологічних матеріалів.
  - **Компетентності та ПРН:** K18; K22; ПР16; ПР20. Студент розраховує параметри екстракційних процесів і оцінює їхню економічну доцільність.
- **Тема 16. Біореактори. Кінетика, масштабування і розрахунок продуктивності.**
  - **Опис теми:** Типи біореакторів, кінетичні моделі росту і синтезу, методика розрахунку продуктивності, масштабування лабораторних режимів до промислових; питання піноутворення, піногасіння і мембранних методів розділення.
  - **Компетентності та ПРН:** КК; K18; K20; K22; ПР15; ПР16; ПР17; ПР20. Студент оцінює ефективність біотехнологічного процесу, складає матеріальний баланс, специфікацію обладнання і карту постадійного контролю.

### **Змістовий модуль 5. Виконання індивідуальної курсової роботи.**

**Мета курсової роботи:** поглиблення теоретичних знань із процесів та апаратів біотехнологічних виробництв; формування практичних навичок інженерних розрахунків, аналізу технологічних схем та **проектування** апаратів; розвиток умінь оформлювати технічну документацію й аргументовано захищати інженерні рішення.

#### **Структура курсової роботи:**

1. Титульна сторінка.
2. Завдання на курсову роботу (затверджене керівником).
3. Зміст.
4. Вступ.
5. **Основна частина:**
  - **5.1. Огляд літератури та вибір напрямку** — аналіз сучасного стану проблеми, порівняння технологій, обґрунтування вибору теми.
  - **5.2. Технологічний опис процесу та характеристика продукту** — опис стадій технологічного циклу, фізико-хімічні та біологічні властивості продукту.
  - **5.3. Технічна характеристика апарату** — конструктивні особливості, матеріали, основні параметри.
  - **5.4. Розрахункова частина:**
    - Гідродинамічні розрахунки (вибір діаметрів, витрати, втрати тиску, режим руху).
    - Масообмінні розрахунки (коефіцієнти масопереносу  $k_{La}$ , матеріальні баланси).
    - Теплові розрахунки (теплові потужності, теплообмінники,

енергетичні баланси).

- **5.5. Проектування апарата та обґрунтування конструкції** — креслення, схема, розрахунок основних елементів, техніко-економічне обґрунтування (ТЕО).
  - 6. **Вибір загальнозаводського обладнання** — насосне, компресорне устаткування, арматура, системи підготовки середовищ.
  - 7. **Техніка безпеки та промислової санітарії** — оцінювання ризиків, заходи безпеки, вимоги до біобезпеки.
  - 8. **Висновки** — підсумки, практична значущість, рекомендації.
  - 9. **Список використаних джерел** — оформлення згідно з чинними стандартами.
  - 10. **Додатки (за потреби)** — креслення, таблиці, вихідні дані розрахунків.
- Вимоги до змісту та оформлення.**

**Зміст розділів:**

- **Вступ:** має містити обґрунтування актуальності теми, мету, завдання та стислий опис методів.
- **Огляд літератури:** повинен відображати сучасний стан проблеми, аналіз наявних технологій і обладнання, виявлені прогалини.
- **Основна частина:** детальний технологічний опис, повні інженерні розрахунки з поясненням методик та аналізом отриманих результатів.

**Технічні параметри оформлення:**

Параметр	Вимога
Обсяг	25–40 сторінок основного тексту (без додатків)
Формат	A4; поля: ліве — 30 мм, праве — 15 мм, верхнє та нижнє — 20 мм
Шрифт	Times New Roman, кегль 14, інтервал 1.5
Нумерація	У правому верхньому куті, починаючи з другої сторінки
Графіка	Формули, таблиці та рисунки мають бути пронумеровані й мати посилання в тексті

**Етапи виконання та графік (13 тижнів)**

- **1-й тиждень:** Вибір теми та затвердження завдання. Ознайомлення зі списком тем, узгодження з керівником.
- **2-й тиждень:** Складання плану роботи. Формування структури, встановлення термінів виконання розділів.
- **3–4 тижні:** Збір та аналіз джерел. Пошук статей, патентів; конспектування; формування бібліографії.
- **5–6 тижні:** Написання теоретичної частини. Оформлення огляду літератури; вибір методів розрахунку.
- **7–9 тижні:** Виконання розрахунків і **проектування**. Гідродинамічні, матеріальні та теплові розрахунки; розроблення конструкції; креслення.
- **10-й тиждень:** Оформлення пояснювальної записки. Підготовка тексту, таблиць, рисунків; оформлення списку джерел.
- **11-й тиждень:** Попередня перевірка. Подання роботи керівнику; внесення зауважень і правок.
- **12-й тиждень:** Підготовка до захисту. Підготовка доповіді та презентації.
- **13-й тиждень:** Захист курсової роботи. Представлення роботи комісії.

Розподіл змістовних модулів і тем за годинами.

Тема	лекція	практичне заняття	лабораторна робота	самостійна робота
Модуль 1. Процеси та апарати біотехнологічних виробництв.				
Змістовний модуль 1.				

Тема 1. Вступ. Моделювання процесів і апаратів. Гідростатика.	1	-	2	5
Тема 2. Режими руху рідини. Гідродинаміка.	1	2	2	9
Тема 3. Гідравлічні машини. Насоси: підбір і розрахунок.	2	2	-	4
Тема 4. Трубопровідні мережі. Арматура і гідравлічні втрати.	2	2	2	8
Разом змістовний модуль	6	6	6	26
<i>Змістовний модуль 2.</i>				
Тема 5. Механічні процеси. Підготовка сировини і матеріальний баланс.	2	2	2	7
Тема 6. Осідання. Седиментація і відстоювання.	2	2	2	8
Тема 7. Фільтрування і центрифугування. Методи і апарати.	2	2	2	10
Тема 8. Перемішування. Аерація, гомогенізація і енергетика процесу.	2	2	2	12
Разом змістовний модуль	8	8	8	37
Разом модуль 1	14	14	14	63
<i>Модуль 2.</i>				
<i>Змістовний модуль 3.</i>				
Тема 9. Загальні закономірності теплових процесів. Нагрівання і охолодження.	2	2	2	3
Тема 10. Теплообмінники. Конструкції і розрахунок.	2	2	2	3
Тема 11. Випарювання і конденсація. Концентрування розчинів.	2	2	2	3
Тема 12. Сушіння. Кінетика і апарати сушіння.	2	2	2	3
Разом змістовний модуль	8	8	8	12
<i>Змістовний модуль 4.</i>				
Тема 13. Закономірності масообміну. Коефіцієнти і методи вимірювання.	2	2	2	3
Тема 14. Сорбційні процеси. Абсорбція і адсорбція.	2	2	2	3
Тема 15. Екстрагування. Кінетика і оптимізація процесу.	2	2	2	3
Тема 16. Біореактори.	2	2	2	3

<i>Кінетика, масштабування і розрахунок продуктивності.</i>				
<i>Разом змістовний модуль</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>12</i>
<i>Змістовний модуль 5. Виконання індивідуального курсового проекту.</i>				
<i>Курсовий проект</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>48</i>
<i>Разом модуль 2</i>	<i>16</i>	<i>16</i>	<i>16</i>	<i>72</i>
<i>Разом освітня компонента</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>135</i>

*Теми практичних занять.*

<i>№ з/п</i>	<i>Тема заняття</i>	<i>Кількість годин</i>
<i>1.</i>	<i>Тема 2. Режим руху рідини. Гідродинаміка. Опис заняття: практичне визначення режиму руху (ламінарний/турбулентний) на прикладі трубопровідної ділянки. Розрахунок числа Рейнольдса (Re), втрат тиску, вибір діаметра. Робота в групах: розв'язання типових інженерних завдань і оформлення короткого звіту з графіками.</i>	<i>2</i>
<i>2.</i>	<i>Тема 3. Гідравлічні машини. Насоси: вибір і розрахунок. Опис заняття: кейс-воркшоп із вибору насоса для заданої технологічної схеми. Розрахунок подачі, напору, визначення робочої точки; порівняння кількох типів насосів за техніко-економічними показниками. Демонстрація паспортних кривих і робота з електронними каталогами.</i>	<i>2</i>
<i>3.</i>	<i>Тема 4. Трубопровідні мережі. Арматура і гідравлічні втрати. Опис заняття: практичне проектування фрагмента трубопровідної мережі: вибір діаметрів, розрахунок лінійних і місцевих втрат, вибір арматури. Побудова схеми, маркування контрольних точок, оформлення розрахункової таблиці та коротка презентація рішень.</i>	<i>2</i>
<i>4.</i>	<i>Тема 5. Механічні процеси. Підготовка сировини і матеріальний баланс. Опис заняття: лабораторно-практичне заняття з визначення гранулометричного складу (ситовий аналіз) та складання матеріального балансу для операції подрібнення/сортування. Розрахунок продуктивності обладнання та оформлення специфікації.</i>	<i>2</i>
<i>5.</i>	<i>Тема 6. Осідання. Седиментація і відстоювання. Опис заняття: експериментальна робота з визначення швидкості осідання частинок у лабораторному відстійнику; оброблення даних, побудова графіків залежності швидкості від розміру частинок; розрахунок геометрії відстійника для заданої продуктивності.</i>	<i>2</i>
<i>6.</i>	<i>Тема 7. Фільтрування і центрифугування. Методи і апарати. Опис заняття: демонстрація роботи фільтр-преса або лабораторної центрифуги; вимірювання продуктивності та якості фільтрату/осаду; розрахунок площі фільтрації або g-фактора центрифуги; обговорення критеріїв вибору методу розділення.</i>	<i>2</i>
<i>7.</i>	<i>Тема 8. Перемішування. Аерація, гомогенізація і енергетика процесу. Опис заняття: практичне вимірювання енергоспоживання</i>	<i>2</i>

	<i>мішалки в модельному резервуарі; визначення індексів перемішування, оцінювання гомогенності; розрахунок енергетичних витрат і розроблення рекомендацій щодо оптимізації режимів.</i>	
8.	<i>Тема 9. Загальні закономірності теплових процесів. Нагрівання і охолодження. Опис заняття: лабораторний експеримент або симуляція нагрівання/охолодження біосередовища; визначення теплових опорів, побудова температурних профілів, розрахунок часу досягнення заданого режиму; аналіз впливу параметрів на термочутливі біологічні агенти.</i>	2
9.	<i>Тема 10. Теплообмінники. Конструкції і розрахунок. Опис заняття: практичний розрахунок теплообмінника для заданого потоку: вибір типу (пластинчастий/трубчастий), розрахунок площі теплообміну, вибір матеріалів; робота з типовими формулами та оформлення технічного завдання.</i>	2
10.	<i>Тема 11. Випарювання і конденсація. Опис заняття: практичний воркшоп із розрахунку, налаштування та експериментальної перевірки роботи лабораторного випарного апарата (одноступеневий випарник із паровим або електричним нагріванням).</i>	2
11.	<i>Тема 12. Сушіння. Кінетика і апарати сушіння. Опис заняття: лабораторне дослідження кінетики конвективного сушіння на модельному матеріалі; визначення кривих висихання, розрахунок часу сушіння за різних режимів; вибір типу сушильного апарата з урахуванням чутливості продукту.</i>	2
12.	<i>Тема 13. Закономірності масообміну. Коефіцієнти і методи вимірювання. Опис заняття: вимірювання коефіцієнта масопереносу <math>k_{La}</math> у модельному ферментері (метод дегазування або інший доступний метод); оброблення експериментальних даних, порівняння з теоретичними оцінками, обговорення шляхів інтенсифікації.</i>	2
13.	<i>Тема 14. Сорбційні процеси. Абсорбція і адсорбція. Опис заняття: практичний розрахунок і моделювання роботи сорбційної колони: побудова рівноважних ізотерм, графічний розрахунок (метод Мак-Кейба — Тіле або інший), визначення висоти ефективного шару та продуктивності колони.</i>	2
14.	<i>Тема 15. Екстрагування. Кінетика і оптимізація процесу. Опис заняття: кейс-завдання з розрахунку одно- або багатоступеневого екстрагування: складання матеріального балансу, оцінювання впливу дифузійних обмежень, вибір розчинника (екстрагента); оптимізація режимів з урахуванням виходу продукту та економічних показників.</i>	2
15.	<i>Тема 16. Біореактори. Кінетика, масштабування і розрахунок продуктивності. Опис заняття: воркшоп із розрахунку продуктивності біореактора: застосування кінетичних моделей росту, визначення часу перебування, розрахунок продуктивності та масштабування з лабораторного до промислового рівня; обговорення проблем піноутворення і методів контролю.</i>	2
<i>Разом освітня компонента</i>		30

*Теми лабораторних робіт.*

№ з/п	Тема роботи	Кількість годин
1.	<p><i>Лабораторна робота 1. Визначення режиму руху рідини в потоці.</i>                      Опис роботи: вимірювання витрати та швидкості в простій трубній ділянці; обчислення числа Рейнольдса (<math>Re</math>); класифікація режимів руху; порівняння експериментальних даних із теоретичними оцінками; оформлення звіту з розрахунками й графіками.</p>	2
2.	<p><i>Лабораторна робота 2. Застосування основних рівнянь гідростатики та гідродинаміки.</i>                      Опис роботи: розв'язання прикладної інженерної задачі (розрахунок втрат тиску на ділянці трубопроводу) з використанням експериментальних даних; оформлення розрахункової таблиці та короткого аналітичного висновку.</p>	2
3.	<p><i>Лабораторна робота 3. Осідання в гравітаційному полі.</i>                      Опис роботи: експеримент у прозорому циліндрі: визначення швидкості осідання частинок різного розміру; побудова залежності швидкості від діаметра; розрахунок часу осідання для заданої продуктивності відстійника; оформлення висновків.</p>	2
4.	<p><i>Лабораторна робота 4. Фільтрування суспензій на лабораторному фільтрі; оцінювання продуктивності.</i>                      Опис роботи: фільтрування модельної суспензії через паперовий або полімерний фільтр; вимірювання об'єму фільтрату в часі; розрахунок швидкості фільтрування і площі; стислий аналіз критеріїв вибору методу розділення.</p>	2
5.	<p><i>Лабораторна робота 5. Перемішування рідких неоднорідних систем. Визначення параметрів якості процесу.</i>                      Опис роботи: індикаторний тест на модельному резервуарі (барвник або кондуктометрія) для визначення часу змішування; вимірювання енергоспоживання мішалки; розрахунок індексів перемішування та розроблення рекомендацій щодо оптимальних режимів.</p>	2
6.	<p><i>Лабораторна робота 6. Дослідження роботи пластинчастого (модельного) теплообмінника.</i>                      Опис роботи: вимірювання температур на вході й виході потоків у простому модулі; обчислення теплового потоку та середнього коефіцієнта теплопередачі; оформлення таблиць і графіків.</p>	2
7.	<p><i>Лабораторна робота 7. Розрахунок випарного апарата й експериментальна перевірка моделі.</i>                      Опис роботи: складання матеріального та енергетичного балансів для одноступеневого випарника; експериментальне випарювання невеликого об'єму з електричним нагріванням; визначення продуктивності та порівняння результатів із розрахунками.</p>	2
8.	<p><i>Лабораторна робота 8. Дослідження процесу конденсації в простому конденсаторі.</i>                      Опис роботи: збирання та вимірювання маси конденсату, вимірювання температури поверхні конденсації; оцінювання</p>	2

	коефіцієнта конденсації в наближенні; оформлення результатів і висновків.	
9.	Лабораторна робота 9. Інтенсифікація масообмінних процесів у системі мікроорганізм–рідина–газ (спрощено). Опис роботи: вимірювання зміни концентрації розчиненого газу або індикатора за різних режимів аерації та перемішування; оцінювання відносних змін $k_{La}$ ; оформлення таблиць і рекомендацій.	2
10.	Лабораторна робота 10. Метод графічного розрахунку сорбційних процесів (ізотерми сорбції). Опис роботи: контакт системи «сорбент–розчин» за різних початкових концентрацій; визначення рівноважних точок; побудова ізотерм (Ленгмюра/Фрейндліха) та графічний розрахунок параметрів колони.	2
11.	Лабораторна робота 11. Вивчення кінетики процесу конвективного сушіння. Опис роботи: вимірювання маси зразка в часі за заданих параметрів повітря (температура, швидкість); побудова кривих висихання; визначення стадій і розрахунок часу сушіння.	2
12.	Лабораторна робота 12. Проста перегонка та побудова фазової діаграми. Опис роботи: виконання простої перегонки невеликого об'єму суміші; визначення температур кипіння фракцій; побудова спрощеної фазової діаграми й аналіз отриманих результатів.	2
13.	Лабораторна робота 13. Дослідження роботи насадкової ректифікаційної колони (модель). Опис роботи: експеримент на мініколоні або моделі насадкової колони: визначення розподілу компонентів за висотою, оцінювання ступеня розділення; оформлення результатів.	2
14.	Лабораторна робота 14. Дослідження умов кристалізації. Опис роботи: приготування пересиченого розчину, ініціювання кристалізації за різних умов охолодження та перемішування; спостереження за морфологією кристалів, визначення виходу й чистоти продукту.	2
15.	Лабораторна робота 15. Визначення швидкості внутрішньої та зовнішньої дифузії під час екстрагування. Опис роботи: твердо-рідинне екстрагування в пробірках або мініколоні; вимірювання виходу цільової речовини за різної тривалості контакту фаз; оцінювання впливу перемішування та співвідношення фаз; складання матеріального балансу.	2
Разом освітня компонента		30

#### **Форми та методи навчання**

##### **Форми навчання:**

- **Лекції (30 годин)** Викладення теоретичного й методологічного матеріалу з використанням мультимедійних презентацій, інтерактивних схем і прикладів вітчизняної та міжнародної практики; використання стислих кейсів і запитань для обговорення; демонстрація типових розрахунків у реальному часі.
- **Лабораторні роботи (30 годин)** Практичні експерименти та вимірювання з використанням обладнання і приладів, доступних у навчальній лабораторії; опрацювання даних в електронних таблицях; оформлення звітів за встановленим шаблоном.
- **Практичні заняття та воркшопи (30 годин)** Розв'язання інженерних

завдань у малих групах, проектні сесії з підготовки апаратурних схем, ролі імітації експлуатаційних ситуацій.

- **Перевернене навчання (Flipped Classroom)** Здобувач опрацьовує лекційний матеріал самостійно перед заняттям; аудиторний час використовується для розбору складних завдань, дискусій і практичних вправ. **Мета:** поглибити розуміння та підвищити ефективність контактної роботи.
- **Проектно-орієнтовані сесії та консультації з курсової роботи** Регулярні зустрічі з керівником, проміжні захисти розділів, менторські сесії з практиками галузі. **Мета:** гарантувати системне виконання курсової роботи та забезпечити формувальний зворотний зв'язок.
- **Гостьові лекції та індустріальні візити** Залучення фахівців із підприємств, екскурсії на виробництво або демонстрація роботи сучасного обладнання. **Мета:** посилення зв'язку теорії з практикою, ознайомлення з реальними вимогами ринку праці.

#### **Методи навчання:**

- **Проектно-орієнтоване навчання (Project-Based Learning)** Командне розроблення технічного проекту або частини курсової роботи з проміжними контрольними точками та зворотним зв'язком. Підтримує ПРН15, ПРН16, ПРН18.
- **Проблемно-орієнтоване навчання (Problem-Based Learning)** Робота над реальними інженерними завданнями (наприклад, оптимізація режиму перемішування або **вибір** теплообмінника) з акцентом на застосування математичних і фізичних методів. Підтримує ІК, К10, ПРН20.
- **Кейс-метод** Аналіз прикладів проектів, аварійних ситуацій, техніко-економічних рішень; групова дискусія та захист обраних варіантів. Підтримує К18, К20, ПРН17.
- **Лабораторно-орієнтований підхід** Закріплення теоретичних знань через практичні вимірювання, відпрацювання інженерних розрахунків, розвиток навичок інтерпретації експериментальних даних. Підтримує К18, ПРН16.
- **Інтерактивні методи** Метод «запитання — відповідь», блицтести в аудиторії, peer instruction (взаємне навчання), мінідебати щодо вибору обладнання. Розвиває критичне мислення та ІК.
- **Формувальне оцінювання** Регулярні стислі перевірки знань, розгорнуті коментарі до проміжних етапів роботи, використання рубрик (критеріїв) для звітів. Сприяє вчасному коригуванню навчальної траєкторії.

#### **Інструменти, обладнання, програмне забезпечення**

Лабораторія біотехнології, біоробототехніки та біоенергетики, площа - 64,0 кв.м. та Лабораторія біології, гідробіології, мікробіології, площа - 64 кв.м.

Комп'ютерний клас (667 ауд.), 2022 р., площа - 47,6 кв.м ПК: ASUS U500MA AMD Ryzen 3- 5300G в кількості 15 шт., Проектор: EPSON H390B - 1 шт. (2011 р.) ПЗ: MS Office або LibreOffice, Google Docs, Google Tables, Google Slides, AutoCAD, Labster.

#### **Порядок оцінювання програмних результатів навчання/результатів навчання**

Форма підсумкового контролю – екзамен. Освітня компонента оцінюється за національною та 100-бальною шкалою. Здобувачі вищої освіти: отримують від викладача та/або силабус інформацію про порядок здійснення семестрового поточного та підсумкового контролю на початку вивчення освітньої компоненти; семестровий поточний контроль передбачає перевірку практичних робіт та самостійної роботи студентів, результатів тестування модульних контролів на університетській платформі MOODLE.

Посилання на нормативні документи, що регламентують проведення

поточного та підсумкового контролів знань студентів, можливість їм подання апеляції: <https://ep3.nuwm.edu.ua/36427/> .

Контрольні завдання для семестрового підсумкового контролю складаються у кількості, достатній для досягнення максимальної об'єктивності оцінки рівня підготовленості здобувача вищої освіти, що проходить контроль, але не менше 100 завдань на 1 кредит.

Розподіл балів:

Тема	лекція	практичне заняття	лабораторна робота	самостійна робота
<b>Модуль 1.</b>				
<b>Змістовний модуль 1.</b>				
Тема 1. Вступ. Моделювання процесів і апаратів. Гідростатика.	-	-	0-2,5	0-2,5
Тема 2. Режим руху рідини. Гідродинаміка.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 3. Гідравлічні машини. Насоси: підбір і розрахунок.	-	0-2,5	-	0-2,5
Тема 4. Трубопровідні мережі. Арматура і гідравлічні втрати.	-	0-5	0-5	0-2,5
Разом Змістовний модуль 1.	-	0-10	0-10	0-10
Модульний контроль 1	0-20			
<b>Змістовний модуль 2.</b>				
Тема 5. Механічні процеси. Підготовка сировини і матеріальний баланс.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 6. Осідання. Седиментація і відстоювання.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 7. Фільтрування і центрифугування. Методи і апарати.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 8. Перемішування. Аерація, гомогенізація і енергетика процесу.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Разом Змістовний модуль 2		0-10	0-10	0-10
Модульний контроль 2	0-20			
Разом модуль 1	0-100			
<b>Модуль 2.</b>				
<b>Змістовний модуль 3.</b>				
Тема 9. Загальні закономірності теплових процесів. Нагрівання і охолодження.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 10. Теплообмінники. Конструкції і розрахунок.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 11. Випарювання і конденсація. Концентрування	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5

розчинів.				
Тема 12. Сушіння. Кінетика і апарати сушіння.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Разом Змістовний модуль 3		0-10	0-10	0-10
Модульний контроль 3		0-20		
<b>Змістовний модуль 4.</b>				
Тема 13. Закономірності масообміну. Коефіцієнти і методи вимірювання.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 14. Сорбційні процеси. Абсорбція і адсорбція.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 15. Екстрагування. Кінетика і оптимізація процесу.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Тема 16. Біореактори. Кінетика, масштабування і розрахунок продуктивності.	-	0-2,5	0-2,5	0-2,5
Разом Змістовний модуль 4		0-10	0-10	0-10
Модульний контроль 4		0-20		
<b>Змістовний модуль 5. Виконання індивідуального курсового проєкту.</b>				
Курсовий проєкт		0-30		
Разом модуль 2		0-20		

### **Система оцінювання та критерії контролю.**

#### **1. Оцінювання лабораторних і практичних занять.**

Оцінювання здійснюється за такими критеріями:

- **100% балів (Відмінно):** вільне володіння теоретичним матеріалом; правильне та своєчасне виконання роботи; зразкове оформлення звіту; успішний захист результатів на рівні 95–100%.
- **60–99% балів (Добре):** впевнене володіння теорією; правильне виконання роботи; акуратне оформлення звіту; захист результатів на рівні 85–94%.
- **30–59% балів (Задовільно):** задовільний рівень знань; виконання роботи в повному обсязі; наявність звіту; захист на рівні 65–84%.
- **0–29% балів (Незадовільно):** фрагментарне володіння матеріалом; несвоєчасний захист робіт або результати захисту нижче 64%.

**Примітка:** У заліковій відомості результати навчання проставляються за двома шкалами: 100-бальною та національною.

#### **2. Оцінювання курсового проєкту.**

##### **Етап А. Пояснювальна записка та графічний матеріал (макс. 20 балів):**

- **20 балів:** завдання виконано в повному обсязі, вчасно та без зауважень.
- **15–19 балів:** завдання виконано вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки несистемного характеру.
- **8–14 балів:** завдання виконано повністю, але інженерні рішення мають недоліки, аргументація недостатня, є відхилення від вимог оформлення.
- **1–7 балів:** завдання виконано частково, рішення не аргументовані, недбале оформлення.
- **0 балів:** завдання не виконано.

**Етап Б. Захист курсового проєкту (макс. 10 балів):** Здобувач презентує результати комісії (2 особи). Комісія ставить запитання для уточнення прийнятих інженерних рішень. Оцінювання відповідей:

- **100%:** відповідь повна, вичерпна та без зауважень.

- **80%:** відповідь повна, але містить несуттєві неточності.
- **60%:** відповідь містить недоліки, аргументація слабка.
- **40%:** відповідь часткова, не конкретна.
- **0%:** відповідь відсутня.

### 3. Шкала модульного та підсумкового контролю

Оцінювання змістових модулів:

- **Змістовий модуль №1:** 20 балів.
- **Змістовий модуль №2:** 20 балів.
- **Разом:** 40 балів.

Структура оцінки поточного контролю (модулі 1, 2) та підсумкового контролю знань (залік) здійснюється за трьома рівнями (1 – достатній рівень складності, 2 – вище достатнього рівня складності, 3 – високий рівень складності), що відображено в таблицях.

Таблиця формування тестового завдання поточного контролю знань (змістовні модулі 1 і 2).

Рівень складності завдань	Загальна кількість завдань	Оцінка завдань, балів		Час на виконання, хвилин	
		за одне	загальна	на одне	загальний
Достатнього рівня складності	12	1	0-12	1,5	18
Вище достатнього рівня складності	5	1	0-5	2,5	12
Високого рівня складності	3	1	0-3	3,5	10
	20	X	0-20	X	до 40

Загальні вимоги до контрольних завдань семестрового підсумкового контролю у формі екзамену/заліку.

Рівень складності завдань	Загальна кількість завдань	Оцінка завдань, балів		Час на виконання, хвилин	
		за одне	загальна	на одне	загальний
Достатнього рівня складності	30	0,9	0-27	1,5	45
Вище достатнього рівня складності	9	1	0-9	3	27
Високого рівня складності	1	4	0-4	8	8
	40	X	0-40	X	до 80 хвилин

В заліковій відомості результати навчання проставляються за двома шкалами - 100-бальною та національною.

#### Шкала оцінювання у 4 семестрі

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
60-100	зараховано
0-59	не зараховано

#### Шкала оцінювання у 5 семестрі

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
--	-------------------------------

90–100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

Умови отримання додаткових балів:

- участь у науковій університетській конференції (підготовка доповіді за темами освітньої компоненти) до 5 балів;
- участь у Всеукраїнській науковій конференції (підготовка доповіді за темами освітньої компоненти) до 10 балів;
- підготовка наукової публікації за темою освітньої компоненти – до 15 балів.
- підготовка наукової роботи на конкурс наукових робіт за темою освітньої компоненти – до 15 балів.

### **Рекомендована література (основна, допоміжна)**

Основна:

1. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новіков – Львів: Інтелект-Захід, 2008. – 736 с.
2. Сидоров Ю. І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування вироб-ництв: Навч. посібник у 3-х част. / Ю. І. Сидоров, Р. Й. Влязло, В. П. Новіков – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2004. – 240 с.
3. Основи тепломасообміну: Підруч. / С. М. Василенко, А. І. Українець, В. В. Олішевський ; За ред. І.С. Гулого; Нац. ун-т харч. технол. — К. : НУХТ, 2014. — 250 с.
4. Технологічне обладнання біотехнологічної і фармацевтичної промисловості: підручник [для вищ. навч. закл.] / М. В. Стасевич, А. О. Милянч, Л. С. Стрельников та ін. – Львів: «Новий Світ-2000», 2016. – 410 с.
5. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості. // Сидоров Ю. І., Чуєшов В. І. та ін. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2009. – 816 с.
6. Новіков В.П. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв. Вінниця: Нова книга. 2012
7. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості. // Сидоров Ю. І., Чуєшов В. І. та ін. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2009.
8. Луценко В.В. Технічна механіка рідини і газу. Навч. посіб. НУВГП, Рівне. – 2008, 128с. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/5602/>
9. Луценко, В. В. (2015) Технічна механіка рідини і газу в тестах і задачах. НУВГП, Рівне. – 2015. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/4033/>

Допоміжна:

10. Doran P. M. Bioprocess Engineering Principles. 2nd Edition. – Academic Press, 2013. – 929 p.
11. Shuler M. L., Kargi F. Bioprocess Engineering: Basic Concepts. 3rd Edition. – Prentice Hall, 2017. – 656 p.
12. Nielsen J., Villadsen J., Lidén G. Bioreaction Engineering Principles. 3rd Edition. – Springer, 2017. – 600 p.
13. Stanbury P. F., Whitaker A., Hall S. J. Principles of Fermentation Technology. 3rd Edition. – Butterworth-Heinemann, 2016. – 824 p.
14. Harrison R. G., Todd P., Rudge S. R., Petrides D. P. Bioseparations Science and Engineering. 2nd Edition. – Oxford University Press, 2015. – 624 p.

15. Vogel H. C., Todaro C. L. *Fermentation and Biochemical Engineering Handbook*. 3rd Edition. – William Andrew Publishing, 2014. – 712 p.

### **Інформаційні ресурси в Інтернет**

1. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka> (<http://www.nuwm.edu.ua/MySql/>).
2. Цифровий репозиторій НУВГП / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ep3.nuwm.edu.ua>.
3. YouTube Канал освітньої програми «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» [YouTube Channel Biotech NUWEE](#).
4. PubMed: [PubMed](#) - Безкоштовна пошукова система доступу до літератури з біомедицини та біотехнології.
5. ResearchGate: [ResearchGate](#) - Соціальна мережа для вчених і дослідників, де можна знайти наукові статті.
6. Google Scholar: [Google Scholar](#) - Пошукова система для наукової літератури.
7. Labster Guides - <https://www.labster.com/guides> - посібники, які допомагають студентам зрозуміти, як користуватися віртуальними лабораторіями Labster. Вони охоплюють основи використання платформи, поради для найкращого досвіду та підтримку при виникненні проблем.
8. Bioenergy International. Посилання: [Bioenergy International](#).
9. National Center for Biotechnology Information (NCBI). Посилання: [NCBI - National Center for Biotechnology Information](#).
10. European Federation of Biotechnology (EFB). Посилання: [EFB - European Federation of Biotechnology](#).

### **ПОЛІТИКИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ**

#### **Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)**

Перелік ключових соціальних навичок (Soft Skills), які формує дисципліна:

- Критичне мислення — вміння аналізувати аргументи, оцінювати релевантність джерел і робити обґрунтовані висновки щодо наукових, патентних і технологічних даних.
- Командна робота — ефективна координація в малих міждисциплінарних групах під час виконання лабораторних, практичних і проєктних завдань; розподіл ролей та зон відповідальності.
- Комунікація наукових і технічних ідей — чітке й переконливе подання результатів досліджень, розрахунків і проєктних рішень різним аудиторіям: колегам, викладачам, стейкхолдерам.
- Навички ведення переговорів та аргументації — підготовка логічних аргументів, управління конфліктами та досягнення взаємовигідних домовленостей у проєктних і виробничих ситуаціях.
- Проєктний та тайм-менеджмент — планування етапів роботи, розподіл ресурсів, встановлення пріоритетів і контроль за дотриманням дедлайнів у командних та індивідуальних завданнях.
- Креативність і підприємницьке мислення — генерація ідей для комерціалізації технологій, формування бізнес-моделей і пошук нестандартних технічних рішень.
- Лідерство та ухвалення рішень — здатність брати на себе відповідальність за технічні рішення, мотивувати команду та координувати виконання складних завдань.
- Етична відповідальність і професійна доброчесність — дотримання етичних норм у дослідженнях, відповідальна робота з біологічними агентами, коректне цитування джерел і повага до інтелектуальної власності.
- Наукове письмове та усне оформлення результатів — підготовка звітів, наукових оглядів і презентацій із чіткою структурою, аргументацією та

візуалізацією даних.

• **Адаптивність і навчання впродовж життя (Lifelong Learning)** — готовність опановувати нові методи, інструменти та стандарти, самостійно оновлювати професійні компетентності відповідно до динамічних вимог галузі.

### **Дедлайни та перескладання**

Ліквідація академічної заборгованості та реалізація повторного вивчення дисципліни здійснюються згідно з «Порядком ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП». Посилання на відповідний документ:

<https://ep3.nuwm.edu.ua/25072/> .

Процедура перездачі модулів здійснюється згідно з: <https://ep3.nuwm.edu.ua/25889/> .

Оголошення стосовно термінів здачі частин освітньої компоненти публікуються на сторінці даної дисципліни на платформі MOODLE.

### **Неформальна та інформальна освіта**

#### **1. Неформальна освіта.**

##### **• Вебінари та онлайн-курси:**

- **Вебінари від індустрії та університетів** — тематичні семінари з біотехнологій, інженерії процесів, обладнання; стислі Q&A-сесії з експертами.
- **Масові онлайн-курси (MOOCs)** — курси з проєктування біореакторів, тепло- та масообміну, промислової біотехнології (наприклад, Coursera, edX, MIT OCW).
- **Короткі професійні курси** — сертифіковані програми з GMP, біобезпеки, управління якістю, енергетичної ефективності.

##### **• Конференції, семінари та майстер-класи:**

- **Науково-практичні конференції** — участь у секціях, постерні сесії, нетворкінг із представниками підприємств.
- **Професійні семінари та майстер-класи** — практичні заняття з налаштування обладнання, калібрування приладів, методик вимірювань.

##### **• Менторинг і наставництво:**

- **Індивідуальні менторські сесії** — регулярні консультації з практиками (інженери, технологи, R&D-менеджери).
- **Менторські програми «університет–індустрія»** — супровід студентських проєктів, допомога в підготовці технічної документації та бізнес-моделей.

##### **• Інкубатори та хакатони:**

- **Тематичні інкубатори** — підтримка стартап-ідей у сфері біотехнологій, доступ до обладнання та менторів.
- **Хакатони та проєктні марафони** — інтенсивна робота над прикладними завданнями, швидке прототипування рішень.

##### **• Професійні сертифікації та тренінги:**

- **Сертифікації з безпеки та якості** (наприклад, базові курси з GMP, ISO, основи проєктного менеджменту).
- **Тренінги з цифрових інструментів** — робота в CAD-системах, моделювання в Excel, використання симуляторів процесів.

#### **2. Інформальна освіта (самоосвіта):**

- **Професійна література:** монографії, підручники, оглядові статті з тепло- та масообміну, гідродинаміки й біореакторного інжинірингу.
- **Онлайн-ресурси та відео:** навчальні платформи та YouTube-канали (лекції, демонстрації експериментів, розбір розрахунків); технічні блоги від виробників обладнання.
- **Професійні спільноти:** LinkedIn, ResearchGate, тематичні форуми для обміну досвідом та обговорення методик.

- **Самостійні проєкти:** реалізація мініпроєктів (моделювання процесів, розроблення технічних завдань); аналіз патентів і ринкових звітів для вивчення трендів.

**Рекомендовані ресурси та критерії вибору.**

**Приклади ресурсів:**

1. **Coursera — Industrial Biotechnology (University of Manchester):** корисно для розуміння роботи біореакторів і масштабування процесів (відповідає ПР15, ПР16).
2. **MIT OpenCourseWare — Biological Engineering Design:** фокус на інженерному дизайні біосистем (корисно для ПР01, ПР15).
3. **Профільні журнали:** для постійного оновлення знань щодо сучасних методів і матеріалів.

**Критерії вибору активностей:**

- **Зв'язок із ПРН:** вибір заходів, що прямо розвивають програмні результати (ПР15–ПР20, К10, К18 тощо).
- **Практична складова:** пріоритет ресурсам, що містять реальні кейси, лабораторні завдання або проєкти.
- **Форма оцінювання:** перевага курсам із підсумковим тестом або проєктом (наявність сертифіката).
- **Репутація провайдера:** визнані університети, галузеві організації, авторитетні платформи.
- **Доступність:** баланс між якістю контенту та ресурсами здобувача.

**Правила академічної доброчесності**

Академічна доброчесність є фундаментальною складовою освітнього процесу та професійної діяльності в галузі біотехнологій та біоінженерії. Дотримання етичних норм та принципів академічної доброчесності забезпечує якісну освіту, формує високі моральні стандарти та сприяє розвитку компетентностей, необхідних для успішної професійної діяльності.

**1. Перевірка навчальних завдань на плагіат.**

**Звіти робіт:**

- **Унікальність роботи:** Усі письмові роботи повинні бути оригінальними та виконаними особисто здобувачем освіти.
- **Правильне цитування:** При використанні чужих ідей, даних або цитат необхідно обов'язково робити відповідні бібліографічні посилання згідно з вимогами ДСТУ 8302:2015.
- **Самоплагіат:** Повторне використання власних робіт без належного посилання також вважається порушенням академічної доброчесності.

**2. Поведінка в аудиторії та недопущення списування та обману.**

**Поведінка під час лекцій та практичних занять:**

- **Активна участь:** Студенти заохочуються до активної участі в обговореннях, задавання питань та внесення власних ідей.
- **Поважне ставлення:** Необхідно дотримуватися етичних норм спілкування, поважати думки викладача та колег.
- **Заборона використання заборонених засобів:** Під час занять забороняється використання мобільних телефонів, планшетів та інших пристроїв без дозволу викладача.

**Недопущення списування та обману:**

- **Індивідуальне виконання завдань:** Усі контрольні роботи, тести та екзамени повинні виконуватися самостійно.
- **Заборона використання допоміжних матеріалів:** Під час контрольних заходів забороняється використання шпаргалок, підручників, електронних пристроїв (якщо це не передбачено викладачем).
- **Недопущення передачі інформації:** Забороняється спілкування з іншими здобувачами освіти під час контрольних заходів з метою отримання або

передачі інформації.

### 3. Санкції за порушення норм академічної доброчесності.

Порушеннями академічної доброчесності вважаються:

- Плагіат: Використання чужих ідей, текстів або результатів досліджень без належного посилання.
- Списування: Виконання завдань шляхом копіювання відповідей від інших осіб або джерел.
- Фабрикація та фальсифікація даних: Вигадування або змінення даних в роботах.
- Обман: Надання неправдивої інформації щодо обставин виконання завдань.
- Корупційні дії: Пропозиція, надання або отримання неправомірної вигоди з метою впливу на результати оцінювання.

Можливі санкції:

- За плагіат або списування:
  - Перше порушення: Анулювання результату роботи (оцінка "0" балів) з можливістю повторного виконання завдання за рішенням викладача.
  - Повторне порушення: Анулювання результату роботи без права повторного виконання; попередження або догана; зниження підсумкової оцінки.
- За серйозні порушення (фабрикація, фальсифікація даних, корупція):
  - Анулювання результатів навчання за освітньою компонентою.
  - Порушення питання про відрахування з університету згідно з внутрішніми нормативними документами.
  - Повідомлення адміністрації закладу освіти та відповідних комісій з академічної етики.
- За недобросовісну поведінку під час контрольних заходів:
  - Видалення з аудиторії з анулюванням результату роботи.
  - Попередження з внесенням запису до особистої справи.

Здобувачі освіти зобов'язані:

- Дотримуватися принципів академічної доброчесності в усіх видах навчальної діяльності.
- Ознайомитися з нормативними документами, що регламентують академічну доброчесність у закладі освіти.
- Повідомляти викладача або адміністрацію про відомі випадки порушень академічної доброчесності.

### 4. Рекомендації для здобувачів освіти:

- Плануйте свій час: Розподіляйте навантаження, щоб встигнути виконати завдання самостійно та якісно.
- Звертайтеся за допомогою: У разі труднощів з розумінням матеріалу звертайтеся до викладача або колег.
- Використовуйте надійні джерела: При підготовці робіт опирайтеся на наукові джерела та коректно їх цитуйте.
- Уникайте недобросовісної поведінки: Пам'ятайте про наслідки порушення правил академічної доброчесності.

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватись академічної доброчесності, основи якої викладено в наступних документах: 1. Стаття 42. Закон України «Про освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> . 2. Стаття 1. Закон України «Про вищу освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> . 3. Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті водного господарства та природокористування. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/28552/> та решти локальних документів НУВГП, що стосуються правил дотримання академічної доброчесності: <https://nuwm.edu.ua/nuwm/yakist-osvity/akademichnadobrochesnist/>.

### **Вимоги до відвідування**

1. Вимоги до відвідування занять:

#### Обов'язковість відвідування:

- Відвідування лекцій, лабораторних робіт та практичних занять є важливим для якісного засвоєння матеріалу та досягнення заявлених компетентностей.
- Студентам рекомендується брати активну участь у всіх формах аудиторних занять.

#### Пунктуальність:

- Студенти повинні приходити на заняття завчасно, щоб розпочати їх вчасно.
- Запізнення можуть завадити нормальному проведенню заняття та негативно вплинути на оцінювання активності.

#### 2. Порядок відпрацювання пропущених занять:

##### Об'єктивні причини пропуску:

- Лікарняний лист: У випадку хвороби студент повинен надати офіційну медичну довідку.
- Академічна мобільність: Якщо студент бере участь у програмі академічної мобільності, необхідно заздалегідь узгодити графік та порядок відпрацювання з викладачем.

Інші поважні причини: Сімейні обставини, офіційні заходи тощо повинні підтверджуватися відповідними документами.

##### Відпрацювання пропущених занять:

###### Лекції:

- Студент повинен ознайомитися з пропущеним матеріалом самостійно, використовуючи надані навчальні матеріали.
- Можлива консультація з викладачем за домовленістю.

###### Практичні заняття та лабораторні роботи:

- Відпрацювання пропущених практичних занять здійснюється за індивідуальним графіком, узгодженим з викладачем.
- Студент отримує індивідуальне завдання, яке відповідає тематиці пропущеного заняття.

#### 3. Порядок отримання індивідуальних завдань:

##### Звернення до викладача:

- Студент повинен особисто звернутися до викладача для отримання індивідуального завдання.
- Це можна зробити під час занять, на консультації або через електронну пошту.

##### Терміни виконання:

- Терміни виконання індивідуальних завдань встановлюються викладачем і повинні бути дотримані студентом.
- Несвоєчасне виконання може вплинути на підсумкову оцінку.

##### Форма звітування:

- Виконані завдання здаються у встановленому викладачем форматі (письмово, електронною поштою тощо).
- Можливе проведення додаткової співбесіди або презентації результатів.

#### 4. Додаткові положення:

##### Консультації з викладачем:

- Студенти можуть звертатися до викладача за консультаціями щодо навчального матеріалу, виконання завдань, відпрацювання пропущених занять.
- Графік консультацій та контактна інформація надаються на першому занятті або розміщуються на навчальній платформі.

##### Самостійна робота:

- Студенти повинні відповідально ставитися до самостійної роботи, що

складає значну частину освітньої компоненти (135 годин).

Автор

Олександр ГРИЦИНА

Доцент

Затверджено

в.о. Проректор з науково-педагогічної та  
навчальної роботи

Валерій СОРОКА

документ підписаний КЕП  
Номер документа СИЛ №540  
Підписувач Сорока Валерій Степанович  
Сертифікат 3FAA9288358EC003040000009B6C3700C8C2C100