

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова науково-методичної
ради НУВГП
е-підпис Олег ЛАГОДНЮК
«16» вересня 2021

03-02-03S

СИЛАБУС

освітньої компоненти

SYLLABUS

Процеси та апарати біотехнологічних виробництв		Processes and Equipment of Biotechnological Production
Шифр за ОП	OK21	Code in Educational Program
Освітній рівень: бакалаврський (перший)		Educational level: Bachelor's (first)
Галузь знань Хімічна та біоінженерія	16	Field of knowledge: Chemical and Bioengineering
Спеціальність: Біотехнології та біоінженерія	162	Field of study: Biotechnology and Bioengineering
Освітня програма: Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика		Educational Program: Biotechnology, Biorobotics and Bioenergy

Силабус освітньої компоненти «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв» для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія». Рівне. НУВГП. 2021. 22 стор.

ОПП «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» на сайті університету:
<http://ep3.nuwm.edu.ua/18043/>
<http://ep3.nuwm.edu.ua/20970/1/162.pdf>

Розробники силабусу:

Олександр ГРИЦИНА, к.т.н., доцент, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки;

Роман ЛУЧКО, асистент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Силабус схвалений на засіданні кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

Протокол № 7 від “26” серпня 2021 року

Завідувач кафедри: Микола КІЗЄЄВ, к.т.н., доцент.

Керівник (гарант) ОП: Олександр ГРИЦИНА, к.т.н., доцент, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки.

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІБА

Протокол № 1 від “31” серпня 2021 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІБА: Руслан МАКАРЕНКО, к.т.н., професор.

СЗ №-4619 в ЕДО НУВГП

70-106873922

© Грицина О.О., 2021

© Лучко Р.А., 2021


© НУВГП, 2021

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ*

Ступінь вищої освіти	бакалавр
Освітня програма	Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика
Спеціальність	162 «Біотехнології та біоінженерія»
Рік навчання, семестр	2-й рік, 3-й семестр
Кількість кредитів	6,0
Лекції:	30 годин
Лабораторні заняття:	30 години
Самостійна робота:	120 годин
Курсова робота:	так
Форма навчання	денна
Форма підсумкового контролю	екзамен
Мова викладання	українська

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА

Лектор	Олександр Грицина , доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки
--------	--



Вікіситет

http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Грицина_Олександр_Олексійович

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-6390-7959>

Як комунікувати

email: o.o.hrytsyna@nuwm.edu.ua

Актуальні оголошення на сторінці дисципліни в системі MOODLE

Асистент лектора



Роман Лучко, асистент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

Вікіситет

http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Лучко_Роман_Андрійович

ORCID

<https://orcid.org/0000-0003-3879-9084>

Як комунікувати

email: r.a.luchko@nuwm.edu.ua

Актуальні оголошення на сторінці дисципліни в системі MOODLE

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНЮ КОМПОНЕНТУ

Анотація освітньої компоненти, в т.ч. мета та цілі

Освітня компонента «**Процеси та апарати біотехнологічних виробництв**» спрямована на опанування здобувачами вищої освіти закономірностей механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів та основні конструкторські особливості виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення. У ході вивчення компоненти наводиться чи демонструється практичне застосування і значення окремих методів в біотехнології.

Важливим елементом компоненти є знання про процеси ферментації і передферментаційні процедури, обробки культуральних рідин, біомас і натільних розчинів, методи та технологічні розрахунки.

Мета освітньої компоненти. «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв» - інтенсивна теоретико-практична компонента, яка формує інженера-біотехнолога, який розуміє фізико-математичну та хіміко-біологічну суть процесів біотехнологічних виробництв та їх апаратне оформлення.

Завдання (навчальні цілі) освітньої компоненти сформулювати компетентності та досягнути програмних результатів навчання, формування заявлених soft skills та максимізація поєднання навчання та досліджень.

Посилання на розміщення освітнього компоненту на навчальній платформі Moodle

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

Компетентності

Загальні компетентності:

K1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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

K21. Здатність застосовувати на практиці методи та засоби автоматизованого проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення.

Програмні результати навчання

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.

ПР04. Вміти застосовувати положення нормативних документів, що регламентують порядок проведення сертифікації продукції, атестації виробництва, вимоги до організації систем управління якістю на підприємствах, правила оформлення технічної документації та ведення

технологічного процесу, базуючись на знаннях, одержаних під час практичної підготовки.

ПРО5. Вміти аналізувати нормативні документи (державні та галузеві стандарти, технічні умови, настанови тощо), складати окремі розділи технологічної та аналітичної документації на біотехнологічні продукти різного призначення; аналізувати технологічні ситуації, обирати раціональні технологічні рішення.

ПР14. Вміти обґрунтувати вибір біологічного агента, складу поживного середовища і способу культивування, необхідних допоміжних робіт та основних стадій технологічного процесу.

Структура та зміст освітнього компонента

Освітня компонента складається з 1 модуля, який поділяється на три змістовні модулі.

Модуль 1. Процеси та апарати біотехнологічних виробництв.

Змістовний модуль 1. Моделювання процесів і апаратів. Основи гідравліки. Механічні і гідромеханічні процеси.

Тема 1. Вступ. Загальна характеристика біотехнологічних виробництв.

Поняття «біотехнологія». Традиційна та нова біотехнологія. Промислова біотехнологія. Відмінність біотехнологічних виробництв. Основні стадії. Поняття «процес» та «апарат».

Тема 2. Моделювання процесів і апаратів.

Класифікація моделей. Фізичне моделювання. Поняття про подібність фізичних моделей. Теорема подібності і критерії подібності. Способи опрацювання експериментальних даних, переваги та недоліки критеріальних рівнянь. Метод аналізу розмірностей. Математичне моделювання, його суть, переваги і недоліки. Еволюційний і системний підходи в теорії процесів і апаратів.

Тема 3. Основи гідравліки. Гідростатика. Гідродинаміка. Переміщення рідин і газів.

Основні визначення. Фізичні властивості рідин. Диференціальне рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики і його практичне застосування. Характеристика руху рідини. Рівняння нерозривності руху потоку. Рівняння Нав'є–Стокса. Рівняння Бернуллі та його практичне застосування. Основні параметри насосів. Відцентрові, поршневі і спеціальні насоси, їх порівняння і особливості використання. Галузі застосування компресорів і вакуум насосів різних типів.

Тема 4. Механічні процеси. Розділення неоднорідних рідких та газових систем. Осадження.

Подрібнення, сортування, пресування, гранулювання. Визначення, основи теорії, особливості використання в біотехнології. Конструктивне оформлення процесів. Класифікація неоднорідних систем і методів їх

розділення; визначення і особливості. Загальні закономірності процесу осадження, розрахунок швидкості осадження Особливості осідання у полі відцентрових сил. Фактор розділення. Теорія процесу осідання у полі відцентрових сил. Відстійники, їх конструкція, розрахунок продуктивності. Механізм осадження частинок при фільтруванні повітря. Механічне очищення газів. Циклони. Мокре очищення газів. Фільтрування і електроочищення газів.

Тема 5. Фільтрування. Центрифугування. Перемішування.

Класифікація методів фільтрування. Основи теорії промислового фільтрування: узагальнене рівняння, рівняння фільтрування проф. Г.М. Знаменського. Класифікація і будова фільтрів періодичної і безперервної дії. Класифікація центрифуг. Надцентрифуги. Теорія сепарування і особливості розрахунку тарілчастих сепараторів. Фільтрування у відцентровому полі. Конструкції осаджувальних і фільтрувальних центрифуг. Визначення і класифікація процесів перемішування, мета перемішування. Механічне перемішування, конструкції мішалок. Поточне і пневматичне перемішування. Основи теорії перемішування. Витрати енергії на перемішування.

Тема 6. Загальні закономірності теплових процесів. Нагрівання і охолодження. Теплообмінники.

Завдання і способи теплової обробки технологічних середовищ. Класифікація теплообмінних процесів. Характеристика джерел тепла. Рівняння теплопередачі. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі і теплопередачі Класифікація і конструкції теплообмінників, їх порівняльна оцінка. Галузі застосування. Тепловий, конструктивний і гідродинамічний розрахунки теплообмінників. Оптимізація режиму роботи теплообмінника. Специфіка теплообміну в біотехнологічних процесах.

Тема 7. Випарювання. Конденсація.

Теоретичні основи випарювання. Методи випарювання. Фактори, які впливають на інтенсивність і продуктивність випарної установки. Розрахунок корисної різниці температур. Розподіл корисного температурного перепаду по корпусах багатокорпусної випарної установки. Випарна установка з термокомпресором. Матеріальний і тепловий баланси випарювання. Розрахунок навантаження корпусів. Класифікація і конструкції випарних апаратів Визначення і класифікація процесів конденсації. Поверхневі конденсатори, їх конструкції і особливості розрахунку. Конденсатори змішування, їх конструкції і розрахунок.

Змістовний модуль 2. Ферментація. Обробка культурних рідин.

Тема 8. Загальні закономірності масообмінних процесів. Сорбційні процеси. Сушіння.

Класифікація масообмінних процесів та їх визначення. Закони фазової

рівноваги. Основні закони дифузійної кінетики. Молекулярна, конвективна і турбулентна дифузії. Теорія масоперенесення. Рівняння масопередачі. Поверхневий і об'ємний коефіцієнти масоперенесення. Загальні відомості і класифікація процесів сорбції. Статика процесу: рівняння матеріального балансу і умов рівноваги. Кінетика процесу сорбції. Графічне зображення і розрахунки процесів сорбції. Абсорбція і адсорбція, їх особливості. Конструкції апаратів для абсорбції і адсорбції. Класифікація методів сушіння. Властивості вологих матеріалів. Основи статистики сушіння. Кінетика сушіння. Криві сушіння і криві швидкості сушіння. Швидкість сушіння в перший та другий періоди. Основи розрахунку сушильних установок.

Тема 9. Перегонка і ректифікація. Кристалізація. Екстрагування.

Основні закони перегонки. Класифікація бінарних систем і процесів перегонки. Криві рівноваги. Поняття про дефлегмацію. Проста перегонка, рівняння матеріального балансу. Складна перегонка, колонні апарати, їх розрахунок. Робочі лінії, їх побудова. Визначення кількості теоретичних тарілок. Коефіцієнт корисної дії тарілки і висота, еквівалентна теоретичній тарілці. Конструкції ректифікаційних апаратів. Методи кристалізації. Основні відомості з теорії кристалізації. Кінетика процесу кристалізації. Конструкції кристалізаторів. Класифікація методів екстрагування. Основи теорії екстрагування. Кінетика екстрагування. Конструкції екстракторів.

Тема 10. Основні стадії мікробіологічного виробництва. Вимоги до обладнання. Періодичне культивування. Класифікація та будова ферментерів.

Класифікація процесів мікробіологічного синтезу, зв'язок з основними хіміко–технологічними процесами. Основні вимоги до біотехнологічних апаратів та обладнання. Матеріали для виготовлення обладнання біотехнологічних виробництв. Мікрокінетика мікробіологічного синтезу, її зв'язок з мікрокінетикою ферментативних реакцій. Рівняння Михаеліса–Ментен, рівняння Моно. Математичні моделі росту мікроорганізмів: рівняння оборотної автокатолітичної реакції, логістична крива. Розрахунок продуктивності періодично діючого реактора. Класифікація, конструкція і особливості роботи біореакторів–ферментерів.

Тема 11. Безперервне культивування. Масообмін при культивуванні.

Макрокінетика мікробіологічного синтезу в реакторах безперервної дії. Загальна характеристика процесу культивування мікроорганізмів у безперервно діючих апаратах. Здатність саморегулювання під час безперервного процесу культивування. Продуктивність одноступеневого гомогенного культивування. Одноступеневе гомогенне культивування з рециркуляцією. Багатоступеневе гомогенне безперервне культивування. Схема транспорту кисню з повітря у клітину, опори масоперенесенню. Рівняння матеріального балансу ферментера за киснем. Вплив концентрації кисню на швидкість росту мікроорганізмів. Шляхи інтенсифікації процесу

біосорбції кисню. Методи вимірювання концентрації розчиненого кисню.

Тема 12. Перемішування під час культивування. Масштабування при культивуванні. Піноутворення і піногасіння. Теплообмін при мікробіологічному культивуванні.

Завдання і особливості. Пневматичне перемішування (барботажна аерація). Особливості розрахунку барботерів. Пневмомеханічне перемішування. Вплив механічного перемішування на параметри газорідного шару. Витрати енергії під час перемішування газорідних систем. Типи перемішувальних пристроїв. Масштабування процесів перемішування. Масштабування при культивуванні. Піноутворення і піногасіння. Механізми піноутворення і руйнування піни. Коефіцієнт стабільності піни. Кінетика утворення та руйнування піни. Методи визначення піноутворювальної здатності культуральних середовищ. Класифікація методів піногасіння, їх використання. Теплові ефекти у мікробіологічному синтезі. Тепловий баланс культиватора. Визначення теплового ефекту мікробіологічного синтезу. Теплообмінні пристрої ферментерів. Розрахунок теплообмінних пристроїв ферментерів.

Тема 13. Забезпечення асептичних умов при культивуванні. Способи тонкого очищення та стерилізації повітря.

Методи стерилізації та герметизації обладнання. Вплив підвищених температур на життєстійкість мікроорганізмів. Теплова обробка апаратури. Теплова стерилізація рідин. Методи розрахунку теплової стерилізації рідких живильних середовищ. Загальні відомості про стерилізацію повітря. Методи розрахунку ефективності фільтрування повітря. Методи експериментального оцінювання ефективності очищення повітря. Фільтри тонкого очищення та фільтрувальні матеріали. Системи одержання, тонкого очищення та стерилізації повітря.

Тема 14. Концентрування та виділення цільових продуктів. Мембранні методи виділення цільових продуктів.

Седиментація. Фільтрування. Центрифугування. Види мембранних методів розділення. Діаліз і електродіаліз. Зворотний осмос і ультрафільтрація. Мікрофільтрація.

Тема 15. Виділення цільових продуктів. Сушіння. Подрібнення, гранулювання і мікрокапсулювання готового продукту.

Загальні поняття. Конвективне сушіння. Сушіння сублімацією. Подрібнення. Гранулювання. Змішування порошків. Фасування.

Змістовний модуль 3. Курсова робота.

Курсова робота виконується з метою закріплення отриманих знань, набуття навичок проектування процесів і апаратів і самостійного користування спеціальною літературою, довідниками і каталогами, а також оформлення та вкладання технічної документації.

Курсова робота підсумовує результати різнобічної підготовки, набутої студентами під час вивчення інших дисциплін, і стимулює розвиток їх творчих інженерних здібностей.

Мета виконання роботи — дістати чітку уяву про об'єкт проектування, його технологічне призначення, процеси, по відбуваються в ньому;

– розробити схему і методику розрахунку даного об'єкта, правильно вибрати необхідні початкові параметри для розрахунку, крім заданих;

– відшукати конструктивне рішення, яке базується на виконаних розрахунках і забезпечує оптимальне проведення процесу;

– графічно грамотно зобразити об'єкт проектування;

– дати техніко-економічну характеристику об'єкта проектування і засвоїти правила його безпечної експлуатації.

Працюючи над роботою, здобувач самостійно вибирає технічні рішення, відбирає матеріали для проектування, критично їх аналізує.

Робота повинна складатися з пояснювальної записки та графічної частини, що включає схему проектованого об'єкта та апаратурно-технологічну схему ділянки виробництва, безпосередньо пов'язаної з проектованим об'єктом.

Зміст пояснювальної записки курсової роботи:

Розділ 1. Описання апарату (установки), що проектується.

Призначення обраного апарату для оброблення технологічного середовища, його принцип роботи. Спосіб обробки технологічного середовища у апараті, який проектується, зазначення режиму експлуатації апарату, вказати зміни властивостей середовища після його оброблення у апараті.

Розділ 2. Місце та призначення машини (апарату) в технологічній схемі.

Вибір апаратурно-технологічної схеми ділянки виробництва, яка містить апарат, що проектується, опис послідовності роботи схеми устаткування, у обраній ділянці виробництва.

Розділ 3. Матеріальний та (або) тепловий розрахунки.

Матеріальний і тепловий баланси потоків у апараті. Визначення витрат теплоти на здійснення процесу. Розрахунок необхідної площі поверхні теплообміну.

Розділ 4. Розрахунок основних робочих елементів.

Виконання конструктивного розрахунку апарату, який проектується, деталей, вузлів, складальних одиниць.

Розділ 5. Гідравлічний розрахунок.

Розрахунок втрати напору на подолання опору тертя під час руху потоків технологічного середовища через апарат

Розділ 6. Розрахунок теплової ізоляції (за необхідності).

Вибір типу ізоляційного матеріалу, та розрахунок його товщини, на поверхні апарату.

Графічна частина курсової роботи.

Виконання креслення загального вигляду апарату із розрізами та перерізами. Побудова розрізів, місцевих видів та технічної характеристики апарату. Креслення апаратурно-технологічної схеми ділянки виробництва із зазначенням точок вимірювання і контролю параметрів роботи апарату.

Розподіл змістовних модулів і тем за годинами.

Назви змістових модулів і тем	Разом годин	у тому числі, годин*		
		лек	лаб	с.р.
Модуль 1. Процеси та апарати біотехнологічних виробництв.				
Змістовний модуль 1. Моделювання процесів і апаратів. Основи гідравліки. Механічні і гідромеханічні процеси.				
Тема 1. Вступ. Загальна характеристика біотехнологічних виробництв.	8	2	-	6
Тема 2. Моделювання процесів і апаратів.	8	2	-	6
Тема 3. Основи гідравліки. Гідростатика. Гідродинаміка. Переміщення рідин і газів.	10	2	8	-
Тема 4. Механічні процеси. Розділення неоднорідних рідких та газових систем. Осадження.	8	2	2	4
Тема 5. Фільтрування. Центрифугування. Перемішування.	8	2	4	2
Тема 6. Загальні закономірності теплових процесів. Нагрівання і охолодження. Теплообмінники.	10	2	4	4
Тема 7. Випарювання. Конденсація.	8	2	2	4
Разом по змістовному модулю 1	60	14	20	26
Змістовний модуль 2. Ферментація. Обробка культурних рідин.				
Тема 8. Загальні закономірності масообмінних процесів. Сорбційні процеси. Сушіння.	8	2	-	6
Тема 9. Перегонка і ректифікація. Кристалізація. Екстрагування.	8	2	2	4
Тема 10. Основні стадії мікробіологічного виробництва. Вимоги до обладнання. Періодичне культивування. Класифікація та будова ферментерів.	8	2	-	6
Тема 11. Безперервне культивування. Масообмін при культивуванні.	8	2	2	4

Тема 12. Перемішування під час культивування. Масштабування при культивуванні. Піноутворення і піногасіння. Теплообмін при мікробіологічному культивуванні.	8	2	2	4
Тема 13. Забезпечення асептичних умов при культивуванні. Способи тонкого очищення та стерилізації повітря.	8	2	2	4
Тема 14. Концентрування та виділення цільових продуктів. Мембранні методи виділення цільових продуктів.	6	2	2	2
Тема 15. Виділення цільових продуктів. Сушіння. Подрібнення, гранулювання і мікрокапсулювання готового продукту.	6	2	-	4
Разом по змістовному модулю 2.	60	16	10	34
Змістовний модуль 3. Курсова робота.				
Пояснювальна записка				
Розділ 1. Описання апарату (установки), що проектується.	10	-	-	10
Розділ 2. Місце та призначення машини (апарату) в технологічній схемі.	10	-	-	10
Розділ 3. Матеріальний та (або) тепловий розрахунки.	10	-	-	10
Розділ 4. Розрахунок основних робочих елементів.	10	-	-	10
Розділ 5. Гідравлічний розрахунок. Розділ 6. Розрахунок теплової ізоляції (за необхідності).	10	-	-	10
Графічна частина				
Виконання креслення загального вигляду апарату із розрізами та перерізами. Побудова розрізів, місцевих видів та технічної характеристики апарату. Креслення апаратурно-технологічної схеми ділянки виробництва із зазначенням точок вимірювання і контролю параметрів роботи апарату.	10	-	-	10
Разом по змістовному модулю 3.	60	-	-	60
Разом по освітній компоненті.	180	30	30	120

* лек – лекція; лаб – лабораторна робота; с.р. – самостійна робота.

Перелік тем лабораторних робіт

№ з/п	Тема заняття	Кількість годин
1	Побудова п'єзометричної і напірної ліній при напірному русі рідини в трубопроводі	2
2	Дослідження режимів руху рідини в круглій напірній трубі	2
3	Визначення коефіцієнтів витрати, швидкості, опору і стиснення при витіканні рідини з отвору у тонкій стінці при сталому напорі	2
4	Насоси та обладнання станцій	2
5	Вивчення кінетики осідання завислих речовин	2
6	Визначення питомого опору осаду фільтрації	2
7	Зневоднення фільтр-пресуванням	2
8	Дослідження процесу теплообміну в теплообмінних апаратах	2
9	Дослідження процесу кипіння і конденсації насиченої водяної пари на вертикальній поверхні	2
10	Дослідження процесу випарювання	2
11	Дослідження процесу перемішування в рідких середовищах	2
12	Дослідження процесу дистиляції бінарних сумішей	2
13	Вимірювання концентрації розчиненого кисню	2
14	Очищення повітря	2
15	Дослідження мембранного методу	2

Самостійна робота

№ з/п	Тема	Кількість годин
1.	Тема 1. Вступ. Загальна характеристика біотехнологічних виробництв. Традиційна та нова біотехнологія. Відмінність біотехнологічних виробництв. Основні стадії.	6
2.	Тема 2. Моделювання процесів і апаратів. Метод аналізу розмірностей. Еволюційний і системний підходи в теорії процесів і апаратів.	6
3.	Тема 4. Механічні процеси. Розділення неоднорідних рідких та газових систем. Осадження. Класифікація неоднорідних систем і методів їх розділення; визначення і особливості. Відстійники, їх конструкція, розрахунок продуктивності. Механізм осадження частинок при фільтруванні повітря. Механічне очищення газів. Циклони. Мокре очищення газів. Фільтрування і електроочищення газів.	4

4.	Тема 5. Фільтрування. Центрифугування. Перемішування. Надцентрифуги. Теорія сепарування і особливості розрахунку тарілчастих сепараторів. Визначення і класифікація процесів перемішування, мета перемішування. Механічне перемішування, конструкції мішалок. Поточне і пневматичне перемішування. Основи теорії перемішування. Витрати енергії на перемішування.	2
5.	Тема 6. Загальні закономірності теплових процесів. Нагрівання і охолодження. Теплообмінники. Класифікація і конструкції теплообмінників, їх порівняльна оцінка. Галузі застосування. Тепловий, конструктивний і гідродинамічний розрахунки теплообмінників. Оптимізація режиму роботи теплообмінника. Специфіка теплообміну в біотехнологічних процесах.	4
6.	Тема 7. Випарювання. Конденсація. Розподіл корисного температурного перепаду по корпусах багатокорпусної випарної установки. Поверхневі конденсатори, їх конструкції і особливості розрахунку. Конденсатори змішування, їх конструкції і розрахунок.	4
7.	Тема 8. Загальні закономірності масообмінних процесів. Сорбційні процеси. Сушіння. Поверхневий і об'ємний коефіцієнти масоперенесення. Загальні відомості і класифікація процесів сорбції. Статика процесу: рівняння матеріального балансу і умов рівноваги. Кінетика процесу сорбції. Кінетика сушіння. Криві сушіння і криві швидкості сушіння. Швидкість сушіння в перший та другий періоди. Основи розрахунку сушильних установок.	6
8.	Тема 9. Перегонка і ректифікація. Кристалізація. Екстрагування. Робочі лінії, їх побудова. Визначення кількості теоретичних тарілок. Коефіцієнт корисної дії тарілки і висота, еквівалентна теоретичній тарілці. Конструкції ректифікаційних апаратів. Кінетика процесу кристалізації. Конструкції кристалізаторів. Класифікація методів екстрагування. Основи теорії екстрагування. Кінетика екстрагування. Конструкції екстракторів.	4
9.	Тема 10. Основні стадії мікробіологічного виробництва. Вимоги до обладнання. Періодичне культивування. Класифікація та будова ферментерів. Основні вимоги до біотехнологічних апаратів та обладнання. Матеріали для виготовлення обладнання біотехнологічних виробництв. Розрахунок продуктивності періодично діючого реактора. Класифікація, конструкція і особливості роботи біореакторів–ферментерів.	6
10.	Тема 11. Безперервне культивування. Масообмін при культивуванні. Одноступеневе гомогенне культивування з рециркуляцією. Багатоступеневе гомогенне безперервне культивування. Схема транспорту кисню з повітря у клітину, опори масоперенесенню. Рівняння матеріального балансу ферментера за киснем. Вплив концентрації кисню на швидкість росту мікроорганізмів. Шляхи інтенсифікації процесу біосорбції кисню.	4

11.	Тема 12. Перемішування під час культивування. Масштабування при культивуванні. Піноутворення і піногасіння. Теплообмін при мікробіологічному культивуванні. Витрати енергії під час перемішування газорідних систем. Типи перемішувальних пристроїв. Масштабування процесів перемішування. Масштабування при культивуванні. Методи визначення піноутворювальної здатності культуральних середовищ. Класифікація методів піногасіння, їх використання. Теплові ефекти у мікробіологічному синтезі. Визначення теплового ефекту мікробіологічного синтезу. Теплообмінні пристрої ферментерів. Розрахунок теплообмінних пристроїв ферментерів.	4
12.	Тема 13. Забезпечення асептичних умов при культивуванні. Способи тонкого очищення та стерилізації повітря. Методи розрахунку теплової стерилізації рідких живильних середовищ. Загальні відомості про стерилізацію повітря. Методи розрахунку ефективності фільтрування повітря. Методи експериментального оцінювання ефективності очищення повітря. Системи одержання, тонкого очищення та стерилізації повітря.	4
13.	Тема 14. Концентрування та виділення цільових продуктів. Мембранні методи виділення цільових продуктів. Діаліз і електродіаліз. Зворотний осмос і ультрафільтрація. Мікрофільтрація.	4
14.	Тема 15. Виділення цільових продуктів. Сушіння. Подрібнення, гранулювання і мікрокапсулювання готового продукту. Подрібнення. Гранулювання. Змішування порошків. Фасування.	2
Разом з освітньої компоненти		60

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

Аналітичні навички; Вміння працювати в команді; Гнучкість розуму; Здатність до навчання; Знаходити вихід з складних ситуацій; Комплексне рішення проблем; Саморозвиток; Чесність.

Форми та методи навчання

Методи викладання та навчання: 1) демонстрація; 2) творчий метод; 3) проблемно-пошуковий метод; 4) навчальна дискусія/дебати; 5) мозковий штурм; 6) case study /аналіз ситуації.

Технології викладання та навчання: 1) робота в малих групах (команді) – спільна діяльність здобувачів у групі під керівництвом лідера, спрямована на рішення загальної задачі шляхом творчого складання результатів індивідуальної роботи членів команди з розподілом повноважень і відповідальності; 2) індивідуальне навчання – вибудовування здобувачем власної освітньої траєкторії на основі формування індивідуальної освітньої програми з врахуванням його / її інтересів; 3) аналіз конкретних ситуацій (case study) – аналіз реальних проблемних ситуацій (наданий опис/«моментальний знімок реальності»/«фотографія дійсності»), що мали місце у відповідній галузі професійної діяльності, і пошук варіантів кращих

рішень; 4) аналіз конкретних ситуацій (case study): ситуація-проблема; ситуація-оцінка; ситуація-ілюстрація; ситуація-ілюстрація.

Інтерактивні технології викладання та навчання: 1. Модульне навчання – використання знань, умінь тощо у вигляді: а) окремих модулів, автономних частин курсу, що інтегруються з іншими частинами курсу; б) блоків взаємопов'язаних курсів, які можна вивчати незалежно від іншого блоку дисциплін. 2. Контекстне навчання – мотивація студентів до засвоєння знань, умінь тощо шляхом виявлення зв'язків між конкретним знанням, умінням тощо та його застосуванням. 3. Розвиток критичного мислення – освітня діяльність, спрямована на розвиток у здобувачів розумного, рефлексивного мислення, здатного висунути нові ідеї і побачити нові можливості. 4. Проблемне навчання – стимулювання здобувачів до самостійного набуття знань тощо, необхідних для вирішення конкретної задачі, проблеми. 5. Випереджувальна самостійна робота – вивчення здобувачами нового матеріалу до його представлення в межах аудиторних занять. 6. Міждисциплінарне навчання – використання знань з різних предметних областей, їх угруповання і концентрація в контексті розв'язуваної задачі.

Порядок та критерії оцінювання

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 контролів на початку вивчення освітньої компоненти.
- семестровий поточний контроль передбачає оцінювання звітів про виконання лабораторних робіт та роботу здобувача під час виконання лабораторної роботи, перевірка лекційного матеріалу та самостійної роботи студентів, результатів тестування модульних контролів на університетській платформі MOODLE.
- здають модульний контроль у формі тестування відповідно до графіка, що доводиться на університетській платформі MOODLE.

Розподіл балів:

Назви змістових модулів і тем	Разом балів	у тому числі, балів		
		лек	лаб	с.р.
Модуль 1. Процеси та апарати біотехнологічних виробництв.				
Змістовний модуль 1. Моделювання процесів і апаратів. Основи гідравліки. Механічні і гідромеханічні процеси.				
Тема 1. Вступ. Загальна характеристика біотехнологічних виробництв.	-	-	-	-
Тема 2. Моделювання процесів і апаратів.	-	-	-	-

Тема 3. Основи гідравліки. Гідростатика. Гідродинаміка. Переміщення рідин і газів.	8	-	8	-
Тема 4. Механічні процеси. Розділення неоднорідних рідких та газових систем. Осадження.	2	-	2	-
Тема 5. Фільтрування. Центрифугування. Перемішування.	4	-	4	-
Тема 6. Загальні закономірності теплових процесів. Нагрівання і охолодження. Теплообмінники.	4	-	4	-
Тема 7. Випарювання. Конденсація.	2	-	2	-
Разом змістовний модуль 1	20			
Модульний контроль 1	20			
Змістовний модуль 2. Ферментація. Обробка культурних рідин.				
Тема 8. Загальні закономірності масообмінних процесів. Сорбційні процеси. Сушіння.	-	-	-	-
Тема 9. Перегонка і ректифікація. Кристалізація. Екстрагування.	2	-	2	-
Тема 10. Основні стадії мікробіологічного виробництва. Вимоги до обладнання. Періодичне культивування. Класифікація та будова ферментерів.	-	-	-	-
Тема 11. Безперервне культивування. Масообмін при культивуванні.	2	-	2	-
Тема 12. Перемішування під час культивування. Масштабування при культивуванні. Піноутворення і піногасіння. Теплообмін при мікробіологічному культивуванні.	2	-	2	-
Тема 13. Забезпечення асептичних умов при культивуванні. Способи тонкого очищення та стерилізації повітря.	2	-	2	-
Тема 14. Концентрування та виділення цільових продуктів. Мембранні методи виділення цільових продуктів.	2	-	2	-
Тема 15. Виділення цільових продуктів. Сушіння. Подрібнення, гранулювання і мікрокапсулювання готового продукту.	-	-	-	-
Разом змістовний модуль 2	10			
Модульний контроль 2	20			
Змістовний модуль 3. Курсова робота.				
Пояснювальна записка				
Розділ 1. Описання апарату (установки), що проектується.	4	-	-	4
Розділ 2. Місце та призначення машини (апарату) в технологічній схемі.	4	-	-	4
Розділ 3. Матеріальний та (або) тепловий розрахунки.	4	-	-	4
Розділ 4. Розрахунок основних робочих елементів.	4	-	-	4
Розділ 5. Гідравлічний розрахунок.				
Розділ 6. Розрахунок теплової ізоляції (за необхідності).	4	-	-	4
Графічна частина				

Виконання креслення загального вигляду апарату із розрізами та перерізами. Побудова розрізів, місцевих видів та технічної характеристики апарату. Креслення апаратурно-технологічної схеми ділянки виробництва із зазначенням точок вимірювання і контролю параметрів роботи апарату.	10	-	-	10
Разом змістовний модуль 3	30			
Екзамен*	40			
Разом по освітній компоненті.	100			

Посилання на нормативні документи, що регламентують проведення поточного та підсумкового контролів знань студентів, можливість їм подання апеляції: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15311/>.

Поточна складова оцінювання формується шляхом:

- Виконання та захист лабораторних робіт (до 2 балів за лабораторну роботу, загалом не більше 30 балів).

- Модульний контроль (до 40 балів).

- Курсова робота (до 30 балів).

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.

Шкала оцінювання змістовних модульних контролів: змістовний модуль №1 – 20 балів; змістовний модуль №2 – 20 балів; Всього за змістовні модулі 1,2 – 40 балів.

Структура оцінки поточного контролю (модулі 1, 2) та підсумкового контролю знань (іспит) 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

Підсумкова складова оцінювання у формі контрольних завдань семестрового підсумкового контролю у формі екзамену має такі узагальнені вимоги:

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

Максимальна кількість балів, яку студент може одержати за виконання лабораторних роботи складає 2 бали, оцінювання здійснюється за наступними критеріями:

2 бали – вільне володіння теоретичним матеріалом за темою лабораторної роботи, правильне та своєчасне виконання лабораторної роботи, правильне та зразкове оформлення протоколу, своєчасний захист роботи на рівні 95-100 % .

1,5-1,9 бали – володіння теоретичним матеріалом за темою лабораторної роботи, правильне та своєчасне виконання лабораторної роботи, акуратне оформлення протоколу; своєчасний захист лабораторної роботи на рівні 85-94 %.

1,0-1,4 бали – володіння теоретичним матеріалом за темою лабораторної роботи, правильне та своєчасне виконання лабораторної роботи, акуратне оформлення протоколу, своєчасний захист лабораторної роботи на рівні 75-84 %

0,5-0,9 бали - задовільний рівень володіння теоретичним матеріалом за темою лабораторної роботи, своєчасне виконання лабораторної роботи, оформлення протоколу; своєчасний захист лабораторної роботи на рівні 65-74 %.

0-0,4 бали – достатній рівень володіння теоретичним матеріалом за темою лабораторної роботи, своєчасне виконання лабораторної роботи, акуратне оформлення протоколу, захист лабораторної роботи на рівні 60-64 % або несвоєчасний захист робіт.

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

Шкала оцінювання

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 роботи на конкурс наукових робіт за темою освітньої компоненти – до 15 балів.

Поєднання навчання та досліджень

Поєднання навчання та досліджень можливе шляхом: 1) участі здобувачів вищої освіти у роботі студентських наукових гуртків; 2) залучення до виконання кафедральних бюджетних та комерційних наукових робіт НУВГП; 3) підготовці доповідей та виступів до студентських конференцій різних рівнів, в т.ч. міжнародних; 4) підготовці наукових робіт до Всеукраїнських конкурсів в т.ч. Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей; 5) участь в конкурсі НУВГП «Кращий студент-науковець»; 6) публікація наукових праць у «Студентському віснику НУВГП», фахових виданнях, WoS, Scopus тощо; 7) створення профілів та аналіз цитувань на платформах Google Scholar та/або Research Gate тощо.

Інформаційні ресурси

Рекомендована література:

1. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новіков – Львів: Інтеллект-Захід, 2008. – 736 с.

[http://biotech.kpi.ua/images/A_book/Processy%20i%20apparaty%20mikrobiologicheskoi%20i%20farmaceuticheskoi%20promyshlennosti%20\(ukr\),%20Sidorov.pdf](http://biotech.kpi.ua/images/A_book/Processy%20i%20apparaty%20mikrobiologicheskoi%20i%20farmaceuticheskoi%20promyshlennosti%20(ukr),%20Sidorov.pdf)

2. Сидоров Ю. І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництва: Навч. посібник у 3-х част. / Ю. І. Сидоров, Р. Й. Влязло, В. П. Новіков – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”,

2004. – 240 с.

<https://bioengineering.kpi.ua/ua/studentam/biblioteka-fakhovoi-literatury/277-sydorov-yu-i-vliazlo-r-y-novikov-v-p-protsesey-i-aparaty-mikrobiolohichnoi-promyslovosti>

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/>

Інформаційні ресурси:

Факультет біотехнології і біотехніки НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»:

<http://biotech.kpi.ua/index.php/uk/categories/15-protsesey-i-aparati-biotekhnologichnikh-virobnitstv>

Дедлайни та перескладання

Ліквідація академічної заборгованості та реалізація повторного вивчення дисципліни здійснюються згідно з «Порядком ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП». Посилання на відповідний документ: <http://ep3.nuwm.edu.ua/4273/>.

Процедура перездачі модулів здійснюється згідно з: <http://ep3.nuwm.edu.ua/15311/>.

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

Неформальна та інформальна освіта

Студенти мають право на перезарахування результатів навчання набутих у неформальній та інформальній освіті відповідного до «Положення про неформальну та інформальну освіту НУВГП» <http://ep3.nuwm.edu.ua/18660/>

Зокрема на різних платформах, таких як: Prometheus, Coursera, edEx, edEra, FutureLearn та інших опанувати матеріал для перезарахування результатів навчання.

При цьому важливо, щоб знання та навички, що формуються під час проходження певного онлайн-курсу чи його частин, мали зв'язок з очікуваними навчальними результатами даної освітньої компоненти/освітньої програми та перевірялись при поточному оцінюванні.

Практики, представники бізнесу, фахівці, залучені до викладання

До освітнього процесу залучаються професіонали-практики підприємств України, США, Європи тощо, шляхом проведення онлайн/офлайн зустрічей з актуальних проблем освітньої компоненти. Здобувачі вищої освіти можуть відвідувати профільні заклади з екскурсіями, де професіонали-практики демонструють відповідні досягнення науки та техніки. Представники бізнесу мають можливість долучитися через Раду роботодавців інституту.

Правила академічної доброчесності

Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в практичній (письмовій) роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Під час навчання здобувач керується «Кодексом честі студентів» <http://ep3.nuwm.edu.ua/4917/>.

Вимоги до відвідування

Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні зайняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Оновлення

Оновлення змісту освітньої компоненти відбувається на основі аналізу найновіших досягнень і сучасних практик освітньої компоненти. Проведення анкетування та обговорень з стейкхолдерами спеціальності за підсумками вивчення освітньої компоненти «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв».

Академічна мобільність. Інтернаціоналізація

Здобувачі вищої освіти можуть отримати окремі РН у вітчизняних та іноземних ЗВО (через проходження окремих освітніх компонентів або сертифікованих програм у статусі зарахованого слухача), і такі результати навчання також можуть бути предметом визнання. Більше інформації про академічну мобільність у Положенні

про академічну мобільність учасників освітнього процесу НУВГП <http://ep3.nuwm.edu.ua/4398/> та Порядку перезарахування результатів навчання за програмами академічної мобільності в НУВГП [<https://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-mobilnist>].

Міжнародні інформаційні ресурси, які можуть використовувати студенти для вивчення даної дисципліни:

- Google Scholar: <https://scholar.google.com/>
- Elsevier/ Sciencedirect: <https://www.elsevier.com/>
<https://www.sciencedirect.com/>
- ResearchGate: <https://www.researchgate.net/>

Лектор

Олександр Грицина., к.т.н., доцент