

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-164М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять, самостійної роботи та виконання курсового
проєкту з навчальної дисципліни «Біоенергетика»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика»
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
денної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол №4 від 21.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до практичних занять, самостійної роботи та виконання курсового проєкту з навчальної дисципліни «Біоенергетика» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Грицина О. О., Бедункова О. О. – Рівне : НУВГП, 2025. – 56 с.

Укладачі: Грицина О. О., к.т.н., доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Бедункова О. О., д.б.н., професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск: Мартинов С.Ю., д.т.н., професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності

162 «Біотехнології та біоінженерія»

Грицина О. О.

© О. О. Грицина,
О. О. Бедункова, 2025
© НУВГП, 2025

З М І С Т

Вступ.....	4
Практичне заняття №1. Аналіз складу та підготовка лігноцелюлозної біомаси.....	4
Практичне заняття №2. Ензиматичний гідроліз біомаси для отримання ферментованих цукрів.	7
Практичне заняття №3. Ферментація цукрів та виробництво біоетанолу.....	10
Практичне заняття №4. Культивування мікроводоростей для біоенергетичних цілей.....	14
Практичне заняття №5. Виділення та аналіз ліпідів з мікроводоростей.	17
Практичне заняття №6. Синтез біодизелю з мікроводоростей та рослинних олій.....	21
Практичне заняття №7. Конструювання та запуск біогазової установки.....	25
Практичне заняття №8: Аналіз складу та енергетичної цінності біогазу.	29
Практичне заняття №9. Створення та дослідження мікробних паливних елементів.	33
Практичне заняття №10. Виробництво біоводню з використанням ціанобактерій.	36
Практичне заняття №11. Основи генетичного модифікування мікроорганізмів для підвищення виходу біопалива.	40
Практичне заняття №12. Розробка енергозабезпечення для автономних робототехнічних пристроїв на основі біоенергетичних систем.	44
Курсовий проект та самостійна робота.	48
Література	55

Вступ

Навчальна дисципліна «Біоенергетика» має на меті ознайомлення студентів із сучасними методами та технологіями виробництва біоенергетичних ресурсів, а також підготовку їх до вирішення складних технологічних завдань у цій галузі. Ця дисципліна охоплює широкий спектр тем, що сприяють формуванню в студентів глибоких знань у галузі біоенергетики та вмінь застосовувати ці знання на практиці.

Практичне заняття №1. Аналіз складу та підготовка лігноцелюлозної біомаси.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами складу та властивостей лігноцелюлозної біомаси.
- Вивчити технологічні процеси підготовки біомаси до подальшої переробки.
- Розробити технологічну схему підготовки лігноцелюлозної біомаси.
- Виконати розрахунок основного обладнання для підготовки біомаси.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти складу та властивостей лігноцелюлозної біомаси.
- Розробити технологічну схему підготовки біомаси до переробки.
- Виконати розрахунок основного обладнання для підготовки біомаси.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення складу та властивостей біомаси.

1.1. Ознайомлення з хімічним складом лігноцелюлозної біомаси.

- Целюлоза: Основний компонент, його структура та властивості.
- Геміцелюлоза: Склад та роль у біомасі.
- Лігнін: Властивості, вплив на переробку біомаси.
- Екстрактивні речовини та зола: Їх значення.

1.2. Вивчення фізико-хімічних властивостей біомаси.

- Вологість: Методи визначення та вплив на процеси переробки.

- Щільність та пористість: Значення для транспортування та обробки.

- Тепловодна здатність: Визначення енергетичного потенціалу.

1.3. Аналіз факторів, що впливають на склад біомаси.

- Тип рослинної сировини (деревина, солома, трава).

- Умови вирощування та збирання.

- Сезонні зміни та стадія росту рослин.

Методи виконання:

- Використання навчальних посібників та наукових статей.

- Колективне обговорення та обмін інформацією між студентами.

- Ведення конспекту ключових моментів.

Частина 2. Розробка технологічної схеми підготовки біомаси (40 хвилин)

2.1. Визначення етапів технологічного процесу

- Заготівля та транспортування біомаси.

- Зберігання та попередня обробка.

- Подрібнення біомаси.

- Сушіння.

- Попередня хімічна або фізична обробка (за потреби).

2.2. Розробка блок-схеми технологічного процесу

- Побудова блок-схеми з відображенням кожного етапу.

- Вказівка потоків матеріалів та енергії.

- Використання стандартних символів та позначень.

2.3. Обґрунтування вибору технологічної схеми

- Пояснення вибору кожного етапу процесу.

- Розгляд альтернативних варіантів та їх порівняння.

Методи виконання:

- Робота в малих групах або індивідуально.

- Використання програм для побудови схем (Microsoft Visio, Draw.io).

- Консультації з викладачем під час роботи.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання.

3.1. Розрахунок дробарки

- Визначення необхідної продуктивності (т/год).

- Розрахунок енерговитрат на подрібнення.
- Вибір типу дробарки (молоткова, шокова тощо).
- Розрахунок розміру частинок після подрібнення.

3.2. Розрахунок сушарки

- Визначення початкової та кінцевої вологості біомаси.
- Розрахунок кількості вологи, що видаляється.
- Розрахунок теплової потужності сушарки.
- Вибір типу сушарки та її характеристик.

3.3. Розрахунок реактора попередньої обробки

• Визначення необхідного часу перебування сировини в реакторі.

- Розрахунок об'єму реактора.
- Вибір матеріалу виготовлення та конструктивних особливостей.

3.4. Підбір типового обладнання

- Пошук обладнання в каталогах виробників.
- Збір інформації про технічні характеристики та вартість.
- Порівняння різних варіантів обладнання.

Методи виконання:

- Використання довідників та методичних рекомендацій для розрахунків.
- Розрахунки можуть проводитися вручну або з використанням програм (Excel, Mathcad).
- Ведення записів та проміжних розрахунків у зошиті або електронному вигляді.

Заключна частина.

- Обговорення результатів:
 - Коротке представлення виконаної роботи.
 - Виявлення труднощів та шляхів їх подолання.
- Відповіді на питання:
 - Обмін думками між студентами.
 - Питання до викладача для уточнення деталей.
- Підведення підсумків:
 - Рекомендації щодо подальшої роботи над курсовим проектом.

Очікувані результати після заняття:

- Глибоке розуміння теоретичних аспектів складу та підготовки лігноцелюлозної біомаси.

- Розроблена технологічна схема підготовки біомаси.
- Виконані розрахунки основного обладнання, необхідні для курсового проекту.
- Навички інженерного аналізу та проектування, які будуть корисні у подальшому навчанні та професійній діяльності.

Практичне заняття №2. Ензиматичний гідроліз біомаси для отримання ферментованих цукрів.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами ензиматичного гідролізу лігноцелюлозної біомаси.
- Вивчити технологічні процеси гідролізу біомаси для отримання ферментованих цукрів.
- Розробити технологічну схему процесу ензиматичного гідролізу.
- Виконати розрахунок основного обладнання для проведення гідролізу.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти ензиматичного гідролізу біомаси.
- Розробити технологічну схему процесу ензиматичного гідролізу.
- Виконати розрахунок основного обладнання для проведення гідролізу.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення ензиматичного гідролізу біомаси.

1.1. Ознайомлення з принципами ензиматичного гідролізу.

- Механізм дії ферментів:
 - Ензими як біологічні каталізатори.
 - Класифікація ферментів, що беруть участь у гідролізі целюлози та геміцелюлози.
 - Роль целюлаз та геміцелюлаз у розкладі біомаси.
- Фактори, що впливають на ефективність гідролізу:
 - Температура та рН середовища.
 - Концентрація ферментів та субстрату.
 - Наявність інгібіторів та активаторів.

1.2. Попередня обробка біомаси.

- Необхідність попередньої обробки:
 - Підвищення доступності целюлозних волокон для ферментів.
 - Види попередньої обробки: фізичні, хімічні, біологічні та комбіновані методи.
- Огляд методів попередньої обробки:
 - Фізичні методи: подрібнення, механохімічна активація.
 - Хімічні методи: кислотна та лужна обробка.
 - Фізико-хімічні методи: паро-вибуховий метод, використання органічних розчинників.

1.3. Аналіз літературних джерел

- Сучасні дослідження в галузі ензиматичного гідролізу.
- Порівняння ефективності різних методів та ферментних препаратів.

Методи виконання:

- Вивчення рекомендованої літератури та наукових статей.
- Обговорення в малих групах ключових моментів.
- Складання короткого конспекту з основними висновками.

Частина 2. Розробка технологічної схеми процесу.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу

- Етапи процесу:
 - Підготовка біомаси:
 - Подрібнення до необхідного розміру частинок.
 - Попередня обробка (вибір оптимального методу).
 - Приготування ферментного розчину:
 - Вибір ферментного препарату.
 - Розрахунок необхідної кількості ферменту.
 - Процес гідролізу:
 - Змішування біомаси з ферментним розчином.
 - Контроль параметрів (температура, рН, час).
 - Відділення гідролізату:
 - Фільтрація або центрифугування.
 - Зберігання та використання отриманих цукрів:
 - Підготовка до подальшої ферментації або

іншого використання.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу

- Виконання схеми з відображенням всіх етапів.
- Позначення матеріальних потоків та потоків енергії.
- Використання стандартних символів та маркувань.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів

- Вибір оптимальних умов процесу на основі літературних даних.
- Пояснення вибору методів попередньої обробки та ферментів.

Методи виконання:

- Індивідуальна робота або робота в парах.
- Використання програмного забезпечення для створення технологічних схем.
- Консультації з викладачем для уточнення деталей.

Частина 3: Розрахунок основного обладнання.

3.1. Розрахунок реактора для ензиматичного гідролізу.

- Визначення масової продуктивності:
 - Кількість біомаси, що переробляється за одиницю часу.
 - Виходячи з промислових або лабораторних масштабів.
- Розрахунок об'єму реактора.
- Вибір типу реактора:
 - Реактор з механічним перемішуванням.
 - Біореактор з аерацією (за потреби).
- Розрахунок потужності мішалки:
 - Визначення необхідної потужності для забезпечення ефективного перемішування.

3.2. Розрахунок обладнання для попередньої обробки.

- Подрібнювач:
 - Розрахунок енергоспоживання на подрібнення.
 - Вибір типу подрібнювача (ножовий, молотковий).
- Обладнання для попередньої хімічної обробки:
 - Розрахунок об'єму ємності для обробки.
 - Матеріали конструкції, стійкі до реактивів.

3.3. Підбір допоміжного обладнання.

- Фільтрувальне обладнання:

- Розрахунок площі фільтрації.
- Вибір типу фільтра (прес-фільтр, вакуумний фільтр).
- Ємності для зберігання та підготовки розчинів:
 - Визначення об'єму та матеріалу виготовлення.

3.4. Енергетичні розрахунки.

- Розрахунок теплових потреб:
 - Кількість тепла для підтримання температури процесу.
 - Втрати тепла та необхідність ізоляції.

Методи виконання:

- Використання методичних посібників та довідників з інженерних розрахунків.
- Застосування програмних засобів (наприклад, Excel) для автоматизації розрахунків.
- Перевірка результатів на адекватність та відповідність реальним умовам.

Заключна частина.

- Обговорення та аналіз виконаної роботи:
 - Оцінка отриманих результатів.
 - Обговорення можливих покращень та оптимізації процесу.
- Відповіді на запитання студентів:
 - Роз'яснення складних моментів.
 - Додаткова інформація за вимогою.

Очікувані результати після заняття:

- Розуміння теоретичних аспектів ензиматичного гідролізу та його ролі в біоенергетиці.
- Розроблена технологічна схема процесу гідролізу з обґрунтуванням вибору методів та параметрів.
- Виконані розрахунки основного обладнання, необхідні для реалізації процесу.
- Підготовлені матеріали для включення в курсовий проект.

Практичне заняття №3. Ферментація цукрів та виробництво біоетанолу.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами процесу

ферментації цукрів для отримання біоетанолу.

- Вивчити технологічні процеси виробництва біоетанолу з різних сировинних матеріалів.
- Розробити технологічну схему процесу ферментації та отримання біоетанолу.
- Виконати розрахунок основного обладнання для проведення ферментації та дистиляції.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти процесу ферментації цукрів та виробництва біоетанолу.
- Розробити технологічну схему процесу ферментації та отримання біоетанолу.
- Виконати розрахунок основного обладнання для ферментації та дистиляції.

Частина 1. Теоретичне вивчення процесу ферментації та виробництва біоетанолу.

1.1. Ознайомлення з біохімічними основами процесу ферментації.

- Механізм ферментації:
 - Гліколіз та перетворення пірувату в етанол.
 - Роль мікроорганізмів (дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*) в процесі.
- Фактори, що впливають на ефективність ферментації:
 - Температура та рН середовища.
 - Концентрація субстрату та інгібіторів.
 - Аерація та умови культивування.

1.2. Сировинна база для виробництва біоетанолу.

- Види сировини:
 - Цукровмісна (меяса, соки рослин).
 - Крохмалевмісна (зернові культури).
 - Целюлозовмісна (лігноцелюлозні відходи).
- Підготовка сировини:
 - Гідроліз крохмалю та целюлози до моносахаридів.
 - Очищення та попередня обробка.

1.3. Огляд метаболізму мікроорганізмів.

- Вибір штаму дріжджів:
 - Характеристики продуктивності.
 - Толерантність до етанолу та інгібіторів.

- Генетична модифікація дріжджів (за бажанням):
 - Підвищення стійкості та ефективності.

Методи виконання:

- Вивчення рекомендованої літератури та наукових статей.
- Складання конспекту з ключовою інформацією.
- Обговорення у малих групах для обміну думками.

Частина 2. Розробка технологічної схеми процесу.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу

- Етапи процесу:
 - Підготовка сировини:
 - Розчинення або гідроліз сировини до моносахаридів.
 - Стерилізація середовища:
 - Запобігання контамінації.
 - Інокуляція мікроорганізмів:
 - Додавання культур дріжджів.
 - Процес ферментації:
 - Контроль параметрів (температура, рН, тривалість).
 - Відділення біоетанолу:
 - Дистиляція для очищення етанолу.
 - Обробка відходів:
 - Використання барди або інших залишків.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Відображення всіх етапів з потоками матеріалів та енергії.
- Позначення основного обладнання на схемі.
- Використання стандартної нотації для технологічних схем.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів.

- Вибір оптимальних умов ферментації на основі літературних даних.
- Пояснення методів підготовки сировини та очищення продукту.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для створення схем (Visio, Draw.io).
- Консультація з викладачем щодо правильності розробленої схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання.

3.1. Розрахунок бродильного апарату (ферментера)

- Визначення об'єму ферментера:
 - Розрахунок на основі масової продуктивності біостанолу.
- Вибір типу ферментера:
 - Реактор з перемішуванням.
 - Апарат періодичної або безперервної дії.
- Розрахунок потужності мішалки та системи аерації (за потреби).

3.2. Розрахунок дистиляційної колони.

- Визначення необхідної кількості теоретичних тарілок:
 - Використання методу Мак-Кейба-Тіле.
 - Визначення коефіцієнту ректифікації.
- Розрахунок висоти та діаметру колони:
 - На основі заданої продуктивності та концентрацій.
- Вибір типу контактних елементів:
 - Тарілчасті або насадкові колони.

3.3. Підбір допоміжного обладнання.

- Теплообмінники:
 - Для підігріву та охолодження середовищ.
- Насоси та трубопроводи:
 - Розрахунок продуктивності та підбір матеріалів.
- Системи контролю та автоматизації:
 - Датчики температури, рН, концентрації.

3.4. Енергетичні та матеріальні баланси.

- Розрахунок матеріального балансу процесу:
 - Кількість сировини, продукту та відходів.
- Розрахунок енергетичних витрат:
 - Потреби у тепловій та електричній енергії.

Методи виконання:

- Використання інженерних методик та довідників.
- Застосування програм (Excel, Mathcad) для полегшення розрахунків.

Заключна частина.

- Обговорення та оцінка виконаної роботи:
 - Представлення студентами основних результатів.
 - Виявлення можливих помилок та їх виправлення.
- Відповіді на запитання:

- Роз'яснення складних моментів розрахунків або технологічних аспектів.
- Підведення підсумків:
 - Рекомендації щодо подальшої роботи над курсовим проектом.

Очікувані результати після заняття:

- Розуміння теоретичних основ процесу ферментації та виробництва біоетанолу.
- Розроблена технологічна схема процесу з детальним описом.
- Виконані розрахунки основного обладнання, необхідного для реалізації технології.
- Підготовлена база для написання відповідних розділів курсового проекту.

Практичне заняття №4. Культивування мікрободоростей для біоенергетичних цілей.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами культивування мікрободоростей для виробництва біоенергетичних продуктів.
- Вивчити технологічні процеси культивування мікрободоростей в умовах біоенергетичного виробництва.
- Розробити технологічну схему культивування мікрободоростей.
- Виконати розрахунок основного обладнання для культивування мікрободоростей.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти культивування мікрободоростей для біоенергетичних цілей.
- Розробити технологічну схему процесу культивування мікрободоростей.
- Виконати розрахунок основного обладнання для культивування мікрободоростей.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення процесу культивування мікрободоростей.

1.1. Ознайомлення з біологією мікрободоростей

- Основні види мікрободоростей:

- *Chlorella, Spirulina, Dunaliella*, та інші.
- Особливості їх росту та розвитку.
- Умови культивування:
 - Світло, температура, рН середовища.
 - Вміст поживних речовин та CO₂.

1.2. Фізіологічні та біохімічні особливості мікроводоростей.

- Біосинтез біомаси:
 - Фотосинтез та асиміляція CO₂.
 - Накопичення ліпідів, білків та вуглеводів.
- Вплив зовнішніх факторів:
 - Інтенсивність освітлення.
 - Концентрація поживних речовин.

1.3. Методи культивування мікроводоростей.

- Системи відкритого культивування:
 - Відкриті ставки, канавки.
- Системи закритого культивування:
 - Фотобіореактори (трубчасті, плоскі панелі).
- Переваги та недоліки різних методів:
 - Порівняння ефективності, вартості, продуктивності.

Методи виконання:

- Вивчення рекомендованої літератури та наукових статей.
- Складання конспекту з ключовою інформацією.
- Обговорення у малих групах для обміну думками.

Частина 2. Розробка технологічної схеми процесу.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу.

- Етапи процесу:
 - Підготовка культурального середовища:
 - Підготовка поживних розчинів.
 - Інокуляція культури:
 - Додавання стартової культури мікроводоростей.
 - Культивування:
 - Контроль параметрів середовища (світло, температура, аерація).
 - Збір біомаси:
 - Відділення мікроводоростей від культурального середовища.
 - Обробка біомаси:

- Сушіння, екстракція цінних компонентів.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Відображення всіх етапів з потоками матеріалів та енергії.
- Позначення основного обладнання на схемі.
- Використання стандартної нотації для технологічних схем.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів.

- Вибір оптимальних умов культивування на основі літературних даних.
- Пояснення методів підготовки середовища та збору біомаси.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для створення схем (Visio, Draw.io).
- Консультація з викладачем щодо правильності розробленої схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання.

3.1. Розрахунок фотобіореактора

- Визначення об'єму фотобіореактора:
 - Розрахунок на основі масової продуктивності біомаси.
- Вибір типу фотобіореактора:
 - Трубчастий, плоский або колонний реактор.
- Розрахунок потужності освітлювальної системи:
 - Визначення інтенсивності світла для оптимального росту.

3.2. Розрахунок системи аерації

- Визначення необхідної кількості CO₂:
 - Розрахунок на основі потреб мікроводоростей.
- Розрахунок повітряного потоку:
 - Вибір компресора та дифузора.

3.3. Розрахунок обладнання для збору біомаси

- Фільтрувальне обладнання:
 - Розрахунок площі фільтрації.
 - Вибір типу фільтра (вакуумний фільтр, центрифуга).

3.4. Енергетичні розрахунки

- Розрахунок енергетичних витрат на освітлення та аерацію:
 - Потреби у тепловій та електричній енергії.

Методи виконання:

- Використання інженерних методик та довідників.

- Застосування програм (Excel, Mathcad) для полегшення розрахунків.

Заключна частина.

- Обговорення та оцінка виконаної роботи:
 - Представлення студентами основних результатів.
 - Виявлення можливих помилок та їх виправлення.
- Відповіді на запитання:
 - Роз'яснення складних моментів розрахунків або технологічних аспектів.
- Підведення підсумків:
 - Викладач наголошує на ключових моментах заняття.
 - Рекомендації щодо подальшої роботи над курсовим проектом.

Практичне заняття №5. Виділення та аналіз ліпідів з мікроводоростей.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами виділення ліпідів з мікроводоростей для біоенергетичних цілей.
- Вивчити технологічні процеси екстракції ліпідів з мікроводоростей.
 - Розробити технологічну схему процесу виділення ліпідів.
 - Виконати розрахунок основного обладнання для екстракції та аналізу ліпідів.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти виділення та аналізу ліпідів з мікроводоростей.
 - Розробити технологічну схему процесу виділення ліпідів з мікроводоростей.
 - Виконати розрахунок основного обладнання для екстракції та аналізу ліпідів.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення процесу виділення ліпідів .

1.1. Ознайомлення з біохімією ліпідів.

- Основні типи ліпідів:
 - Тригліцериди, фосфоліпіди, стероли та інші.
 - Їх роль у клітинах мікроводоростей та значення для

біоенергетики.

- Метаболічні шляхи синтезу ліпідів:
 - Процеси накопичення ліпідів у мікрowodоростях під впливом різних факторів (стресові умови, обмеження поживних речовин).

1.2. Методи екстракції ліпідів.

- Механічні методи:
 - Подрібнення, ультразвукова дезінтеграція, гомогенізація.
- Хімічні методи:
 - Використання органічних розчинників (гексан, метанол, хлороформ-метанолова суміш).
- Сучасні методи:
 - Суперкритична флюїдна екстракція (CO₂), мікрохвильова та ультразвукова екстракція.

1.3. Аналіз ліпідів.

- Методи кількісного та якісного аналізу:
 - Тонкошарова хроматографія (ТШХ).
 - Газова хроматографія (ГХ).
 - Спектроскопія в інфрачервоному (ІЧ) та ультрафіолетовому (УФ) діапазонах.
- Підготовка зразків для аналізу:
 - Естерифікація ліпідів до метилових естерів жирних кислот (МЕЖК) для аналізу на ГХ.

Методи виконання:

- Вивчення наукової літератури та сучасних публікацій.
- Обговорення матеріалу в групах, складання конспекту.

Частина 2. Розробка технологічної схеми процесу.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу.

- Етапи процесу:
 - Збір та підготовка біомаси:
 - Відділення мікрowodоростей від культурального середовища (центрифугування, фільтрація).
 - Сушіння та подрібнення біомаси.
 - Розрив клітинних стінок:
 - Механічні методи (гомогенізація, ультразвук).

- Хімічні методи (кислотний або лужний гідроліз).
- Екстракція ліпідів:
 - Використання органічних розчинників або суперкритичної CO₂.
- Очищення та концентрування ліпідів:
 - Видалення розчинників, очищення від домішок.
- Аналіз ліпідів:
 - Підготовка зразків, проведення хроматографічного аналізу.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Відображення всіх етапів з потоками матеріалів та енергії.
- Використання стандартних позначень для обладнання та процесів.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів.

- Вибір оптимальних методів екстракції та аналізу на основі літературних даних.
- Пояснення доцільності використання певних методів у контексті ефективності та екологічної безпечності.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота із застосуванням програм для побудови схем (Microsoft Visio, Draw.io).
- Консультації з викладачем для уточнення деталей.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання.

3.1. Розрахунок обладнання для екстракції ліпідів.

- Вибір методу екстракції:
 - Обґрунтування вибору (наприклад, розчинникова екстракція гексаном).
- Розрахунок об'єму екстрактора:
 - Визначення маси біомаси для переробки за добу.
 - Облік концентрації ліпідів у біомасі та ефективності екстракції.
- Розрахунок кількості розчинника:
 - Співвідношення біомаса:розчинник (зазвичай від 1:5 до 1:10 за масою).
- Вибір матеріалу обладнання:
 - Стійкі до розчинників матеріали (нержавіюча сталь,

скло).

3.2. Розрахунок обладнання для очищення та концентрування ліпідів.

- Вакуумний випарник або роторний випарник:
 - Розрахунок потужності для випаровування розчинника.
 - Визначення площі теплообміну.

3.3. Розрахунок обладнання для аналізу ліпідів.

- Хроматографічне обладнання:
 - Визначення характеристик приладів (тип детектора, колонки).
- Лабораторне обладнання:
 - Вимоги до аналітичної ваги, піпеток, скляного посуду.

3.4. Матеріальні та енергетичні баланси.

- Розрахунок матеріального балансу:
 - Кількість вхідної біомаси, отриманих ліпідів та залишків.
- Розрахунок енергетичних витрат:
 - Енергія, необхідна для сушіння, подрібнення, екстракції та випаровування розчинників.

Методи виконання:

- Використання довідників та методичних посібників для технологічних розрахунків.
- Застосування програмних засобів (Excel, Mathcad) для обробки даних.

Заключна частина.

- Обговорення результатів:
 - Обмін думками щодо виконаної роботи.
 - Аналіз можливих проблем та способів їх вирішення.
- Відповіді на запитання:
 - Роз'яснення складних моментів.
- Підведення підсумків:
 - Рекомендації для подальшої роботи над курсовим проектом.

Очікувані результати після заняття:

- Розуміння теоретичних основ процесу виділення та аналізу ліпідів з мікроводоростей.

- Розроблена технологічна схема процесу з поясненнями.
- Виконані розрахунки основного обладнання, необхідні для курсового проекту.

Практичне заняття №6. Синтез біодизелю з мікроводоростей та рослинних олій.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами синтезу біодизелю з мікроводоростей та рослинних олій.
- Вивчити технологічні процеси перетворення ліпідів у біодизель шляхом трансестерифікації.
- Розробити технологічну схему процесу синтезу біодизелю.
- Виконати розрахунок основного обладнання для проведення реакції трансестерифікації та очищення продукту.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти синтезу біодизелю з мікроводоростей та рослинних олій.
- Розробити технологічну схему процесу синтезу біодизелю.
- Виконати розрахунок основного обладнання для синтезу та очищення біодизелю.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення процесу синтезу біодизелю.

1.1. Ознайомлення з хімічними основами трансестерифікації.

- Механізм реакції трансестерифікації:
 - Перетворення тригліцеридів у метилові або етилові ефіри жирних кислот (біодизель).
 - Використання спиртів (метанол, етанол) та каталізаторів.
- Види каталізаторів:
 - Лужні каталізатори: гідроксиди натрію або калію.
 - Кислотні каталізатори: сірчана кислота.
 - Ензиматичні каталізатори: ліпази.

1.2. Сировинна база для синтезу біодизелю.

- Мікроводорості:
 - Переваги використання мікроводоростей як сировини.
 - Високий вміст ліпідів, швидке зростання, відсутність

конкуренції з харчовими культурами.

- Рослинні олії:
 - Традиційні (соняшникова, ріпакова, соєва) та відпрацьовані кулінарні олії.
 - Доступність та вартість сировини.

1.3. Фактори, що впливають на процес трансестерифікації.

- Температура та час реакції.
- Молярне співвідношення спирту до олії.
- Концентрація та тип каталізатора.
- Вміст вологи та вільних жирних кислот у сировині.

Методи виконання:

- Вивчення наукової літератури, підручників та статей.
- Складання конспекту з основними поняттями та формулами.
- Обговорення в групах для кращого розуміння матеріалу.

Частина 2. Розробка технологічної схеми процесу.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу

- Етапи процесу:
 1. Підготовка сировини:
 - Очищення та фільтрація рослинних олій.
 - Сушіння та подрібнення біомаси мікрводоростей.
 - Екстракція ліпідів з мікрводоростей.
 2. Трансестерифікація:
 - Змішування олії з метанолом та каталізатором.
 - Проведення реакції при контрольованій температурі та перемішуванні.
 3. Відділення продуктів реакції:
 - Розшарування суміші на біодизель та гліцерин.
 - Видалення каталізатора та залишків метанолу.
 4. Очищення біодизелю:
 - Промивання водою для видалення залишків каталізатора та домішок.
 - Сушіння біодизелю.
 5. Аналіз якості біодизелю:
 - Визначення фізико-хімічних показників

(в'язкість, густина, кислотне число).

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу

- Використання стандартних символів для позначення обладнання та процесів.

- Відображення потоків матеріалів та енергії.
- Пояснювальні примітки щодо кожного етапу.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів

- Вибір оптимальних умов реакції на основі літературних даних.

- Пояснення вибору сировини та способу її підготовки.
- Економічна та екологічна доцільність обраних параметрів.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для побудови схем (Visio, Draw.io).
- Консультації з викладачем для уточнення деталей та правильності схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання.

3.1. Розрахунок реактора для трансестерифікації

- Визначення об'єму реактора.
- Розрахунок параметрів реакції:
 - Температура (зазвичай 50–65°C).
 - Час реакції (1–2 години).
 - Молярне співвідношення метанолу до олії (зазвичай 6:1).

3.2. Розрахунок обладнання для відділення та очищення продуктів.

- Сепаратор або відстійник:
 - Розрахунок часу відстоювання для розшарування фаз.
 - Визначення об'єму обладнання.
- Промивний бак:
 - Визначення кількості води для промивання.
 - Об'єм бака та час промивання.
- Сушарка:
 - Розрахунок енерговитрат на видалення вологи з біодизелю.

3.3. Розрахунок допоміжного обладнання.

- Теплообмінник:

- Розрахунок необхідної потужності для нагрівання реакційної суміші.
- Мішалка:
 - Визначення потужності для забезпечення ефективного перемішування.
- Насоси:
 - Вибір продуктивності для перекачування сировини та продуктів.

3.4. Матеріальні та енергетичні баланси.

- Матеріальний баланс:
 - Розрахунок кількості сировини, реагентів та отриманих продуктів.
 - Врахування втрат та відходів.
- Енергетичний баланс:
 - Розрахунок споживаної та відведеної енергії на кожному етапі процесу.
 - Оцінка загальної енергоефективності процесу.

Методи виконання:

- Використання довідникових даних та методик для технологічних розрахунків.
- Застосування програмних засобів (Excel, Mathcad) для полегшення розрахунків.
- Перевірка результатів на логічність та відповідність реальним умовам.

Заключна частина.

- Обговорення результатів:
 - Представлення основних висновків та отриманих даних.
 - Обговорення можливих проблем та шляхів їх вирішення.
- Відповіді на запитання:
 - Роз'яснення складних моментів.
 - Додаткові рекомендації від викладача.
- Підведення підсумків:
 - Вказує на подальші кроки для завершення курсового проєкту.

Очікувані результати після заняття:

- Розуміння теоретичних основ синтезу біодизелю з

- мікродоростей та рослинних олій.
- Розроблена технологічна схема процесу з поясненнями та обґрунтуванням.
 - Виконані розрахунки основного обладнання, необхідного для реалізації процесу.

Практичне заняття №7. Конструювання та запуск біогазової установки.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами конструювання біогазових установок.
- Вивчити технологічні процеси виробництва біогазу.
- Розробити технологічну схему біогазової установки.
- Виконати розрахунок основного обладнання для біогазової установки.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти конструювання та функціонування біогазових установок.
- Розробити технологічну схему біогазової установки.
- Виконати розрахунок основного обладнання для біогазової установки.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення процесу конструювання біогазової установки.

1.1. Основи анаеробного зброджування.

- Мікробіологічні процеси:
 - Метаногенез: Перетворення органічної речовини в біогаз за допомогою метаногенних мікроорганізмів.
 - Етапи процесу: Гідроліз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез.
- Види сировини для біогазових установок:
 - Відходи сільського господарства (гній, рослинні залишки).
 - Відходи харчової промисловості.
 - Побутові органічні відходи.

1.2. Компоненти біогазової установки.

- Біореактор:

- Типи біореакторів: змішувальні, накопичувальні, проточного типу.
- Конструктивні особливості та матеріали.
- Системи перемішування:
 - Механічні, гідравлічні, пневматичні системи.
- Системи нагріву та ізоляції:
 - Теплообмінники, підігрівальні елементи.
 - Теплоізоляційні матеріали.
- Системи відведення газу та зберігання:
 - Газгольдери, трубопроводи.

1.3. Вимоги до експлуатації та безпеки.

- Контроль параметрів процесу:
 - Температура, рН, концентрація летких жирних кислот, твердість.
- Запобігання вибухам газу:
 - Герметичність конструкції, системи аварійного відключення.
- Екологічні аспекти:
 - Утилізація залишків ферментації, мінімізація впливу на довкілля.

Методи виконання:

- Вивчення рекомендованої літератури та наукових статей.
- Складання конспекту з основними поняттями та схемами.
- Обговорення в малих групах для кращого розуміння матеріалу.

Частина 2. Розробка технологічної схеми біогазової установки.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу.

- Етапи процесу:
 1. Підготовка сировини:
 - Подрібнення та змішування сировини.
 - Додавання води та мінеральних добавок.
 2. Завантаження в біореактор:
 - Заповнення біореактора підготовленою сумішшю.
 3. Процес анаеробного зброджування:
 - Контроль температури та перемішування.
 4. Відведення біогазу:
 - Збирання газу в газгольдер та очищення.

5. Утилізація залишків ферментації:

- Використання твердих залишків як добрива.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Використання стандартних символів для позначення обладнання та процесів.
- Відображення потоків матеріалів та енергії.
- Пояснювальні примітки щодо кожного етапу.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів.

- Вибір оптимальних умов процесу на основі літературних даних.
- Пояснення вибору сировини та способу її підготовки.
- Економічна та екологічна доцільність обраних параметрів.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для побудови схем (Visio, Draw.io).
- Консультації з викладачем для уточнення деталей та правильності схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання для біогазової установки.

3.1. Розрахунок біореактора:

- Визначення об'єму біореактора.
- Розрахунок параметрів процесу:
 - Температура (зазвичай 35–55°C для мезофільного та термофільного режимів).
 - Час перебування (20–30 діб для мезофільного, 10–15 діб для термофільного режиму).

3.2. Розрахунок системи перемішування.

- Механічні або гідравлічні мішалки:
 - Визначення потужності мішалки для забезпечення рівномірного перемішування.
 - Вибір типу мішалки (лопатеві, лопатеві з обертанням).

3.3. Розрахунок системи нагріву.

- Теплообмінник:
 - Розрахунок необхідної потужності для підтримання постійної температури в біореакторі.
- Вибір теплоізоляції:
 - Матеріали та товщина ізоляційного шару для

мінімізації тепловтрат.

3.4. Розрахунок системи відведення та зберігання біогазу.

- Газгольдер:
 - Визначення об'єму газгольдера для зберігання біогазу.
 - Вибір матеріалу та конструкції для забезпечення герметичності та надійності.
- Трубопроводи та арматура:
 - Розрахунок діаметрів труб для транспортування біогазу.
 - Вибір запірної та регулювальної арматури.
- Системи очищення біогазу:
 - Вибір фільтрів для видалення домішок (сірководень, волога).
 - Розрахунок необхідної кількості та розмірів фільтрів.

3.5. Розрахунок утилізації залишків ферментації.

- Системи зневоднення осаду:
 - Вибір методу зневоднення (центрифугування, фільтрація).
 - Розрахунок продуктивності обладнання.
- Зберігання та транспортування залишків:
 - Вибір резервуарів для зберігання осаду.
 - Розрахунок об'ємів резервуарів та частоти їх очищення.

3.6. Енергетичні та матеріальні баланси.

- Розрахунок матеріального балансу:
 - Кількість сировини, отриманого біогазу та залишків.
 - Врахування втрат та відходів.
- Розрахунок енергетичного балансу:
 - Споживання енергії для підігріву, перемішування та очищення.
 - Визначення вихідної енергії у вигляді біогазу.

Методи виконання:

- Використання довідникових даних та методик для технологічних розрахунків.
- Застосування програмних засобів (Excel, Mathcad) для полегшення розрахунків.
- Перевірка результатів на логічність та відповідність

реальним умовам.

Заключна частина.

- Обговорення результатів:
 - Представлення основних висновків та отриманих даних.
 - Обговорення можливих проблем та шляхів їх вирішення.
 - Відповіді на запитання:
 - Роз'яснення складних моментів.
 - Додаткові рекомендації від викладача.
 - Підведення підсумків:
 - Подальші кроки для завершення курсового проєкту.
- Очікувані результати після заняття:
- Розуміння теоретичних основ конструювання біогазових установок.
 - Розроблена технологічна схема процесу з поясненнями та обґрунтуванням.
 - Виконані розрахунки основного обладнання, необхідного для реалізації процесу.

Практичне заняття №8: Аналіз складу та енергетичної цінності біогазу.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами аналізу складу та енергетичної цінності біогазу.
 - Вивчити методи визначення складу біогазу.
 - Розробити технологічну схему аналізу біогазу.
 - Виконати розрахунок основного обладнання для аналізу складу та оцінки енергетичної цінності біогазу.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти аналізу складу та енергетичної цінності біогазу.
 - Розробити технологічну схему аналізу біогазу.
 - Виконати розрахунок основного обладнання для аналізу складу та енергетичної цінності біогазу.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення методів аналізу складу та

енергетичної цінності біогазу.

1.1. Склад біогазу.

- Основні компоненти:
 - Метан (CH_4): Основний енергетичний компонент біогазу.
 - Вуглекислий газ (CO_2): Продукт дихання мікроорганізмів.
 - Домішки: Сірководень (H_2S), аміак (NH_3), водяна пара (H_2O).

1.2. Методи аналізу складу біогазу.

- Газова хроматографія (ГХ):
 - Принцип роботи та використання для розділення компонентів біогазу.
 - Визначення концентрацій метану, вуглекислого газу та домішок.
- Спектроскопія:
 - ІЧ-спектроскопія для аналізу складу газових сумішей.
 - Можливість визначення кількісного складу основних компонентів.
- Електрохімічні методи:
 - Використання сенсорів для визначення концентрації газів (метан, CO_2 , H_2S).

1.3. Оцінка енергетичної цінності біогазу.

- Калориметричний метод:
 - Визначення теплотворної здатності біогазу.
 - Використання бомбового калориметра.
- Розрахункові методи:
 - Формула для розрахунку енергетичної цінності біогазу на основі його складу.

Методи виконання:

- Вивчення наукової літератури та сучасних публікацій.
- Обговорення матеріалу в групах, складання конспекту.

Частина 2. Розробка технологічної схеми аналізу біогазу.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу.

- Етапи процесу:
 1. Відбір проб біогазу:
 - Використання газових пробірок або

спеціальних пристроїв.

2. Підготовка проб:
 - Очищення від домішок, осушення.
3. Аналіз складу біогазу:
 - Проведення газової хроматографії або спектроскопічного аналізу.
4. Оцінка енергетичної цінності:
 - Калориметричний метод або розрахунок на основі складу.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Використання стандартних символів для позначення обладнання та процесів.
- Відображення потоків матеріалів та енергії.
- Пояснювальні примітки щодо кожного етапу.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів.

- Вибір оптимальних методів аналізу та оцінки:
 - На основі літературних даних та доступного обладнання.
- Пояснення вибору підходів до відбору та підготовки проб:
 - Обґрунтування необхідності очищення та осушення проб.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для побудови схем (Visio, Draw.io).
- Консультації з викладачем для уточнення деталей та правильності схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання для аналізу біогазу.

3.1. Розрахунок обладнання для відбору та підготовки проб.

- Газові пробірки:
 - Визначення кількості проб та об'єму газових пробірок.
 - Матеріали та конструкція пробірок для забезпечення герметичності.
- Осушувачі:
 - Визначення продуктивності осушувачів для видалення вологи з проб.
 - Вибір типу осушувача (абсорбційний, адсорбційний).

3.2. Розрахунок обладнання для аналізу складу біогазу.

- Газовий хроматограф:
 - Вибір типу колонки та детектора.
 - Визначення характеристик приладу для аналізу метану, CO₂ та домішок.
- ІЧ-спектрометр:
 - Вибір приладу з необхідною роздільною здатністю.
 - Оцінка вартості та продуктивності приладу.

3.3. Розрахунок обладнання для оцінки енергетичної цінності.

- Бомбовий калориметр:
 - Визначення об'єму камери для проведення вимірювань.
 - Розрахунок необхідної кількості зразків та потужності приладу.
- Розрахункові методи:
 - Використання формул для обчислення енергетичної цінності біогазу на основі його складу.
 - Підготовка програмного забезпечення для автоматизації розрахунків.

3.4. Матеріальні та енергетичні баланси.

- Матеріальний баланс:
 - Розрахунок кількості вхідної сировини, отриманого біогазу та відходів.
 - Оцінка втрат при відборі та підготовці проб.
- Енергетичний баланс:
 - Розрахунок споживаної енергії на кожному етапі аналізу (осушення, очищення, аналіз).
 - Оцінка теплотворної здатності біогазу та його потенційного внеску в енергетичний баланс.

Методи виконання:

- Використання довідників та методичних посібників для технологічних розрахунків.
- Застосування програмних засобів (Excel, Mathcad) для обробки даних.
- Перевірка результатів на логічність та відповідність реальним умовам.

Заключна частина.

- Обговорення результатів:

- Представлення основних висновків та отриманих даних.
- Обговорення можливих проблем та шляхів їх вирішення.
- Відповіді на запитання:
 - Роз'яснення складних моментів.
 - Додаткові рекомендації від викладача.
- Підведення підсумків:
 - Подальші кроки для завершення курсового проєкту.

Очікувані результати після заняття:

- Розуміння теоретичних основ аналізу складу та енергетичної цінності біогазу.
- Розроблена технологічна схема процесу з поясненнями та обґрунтуванням.
- Виконані розрахунки основного обладнання, необхідного для реалізації процесу.

Практичне заняття №9. Створення та дослідження мікробних паливних елементів.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами створення мікробних паливних елементів (МПЕ).
- Вивчити технологічні процеси та принципи роботи МПЕ.
- Розробити технологічну схему створення МПЕ.
- Виконати розрахунок основного обладнання для створення та дослідження МПЕ.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти створення мікробних паливних елементів.
- Розробити технологічну схему процесу створення МПЕ.
- Виконати розрахунок основного обладнання для створення та дослідження МПЕ.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення мікробних паливних елементів.

1.1. Основи роботи мікробних паливних елементів (МПЕ).

- Принцип дії:
 - Перетворення хімічної енергії органічних сполук у

- електричну енергію за допомогою мікроорганізмів.
 - Анаеробні умови та електроди для передачі електронів.
 - Основні компоненти:
 - Анод: Мікроорганізми окислюють органічні субстрати, виділяючи електрони.
 - Катод: Отримання електронів та відновлення кисню або інших окислювачів.
 - Електроліт: Провідний розчин для передачі іонів між електродами.
- 1.2. Види мікроорганізмів для МПЕ.
- Електроактивні бактерії:
 - *Geobacter*, *Shewanella*, *Pseudomonas* та інші.
 - Механізми передачі електронів до електродів.
 - Вимоги до умов культивування:
 - Температура, рН, концентрація поживних речовин.

1.3. Основні параметри роботи МПЕ.

- Електрична потужність та ефективність:
 - Вихідна напруга, струм та потужність.
 - Ефективність перетворення енергії.
- Фактори, що впливають на роботу МПЕ:
 - Температура, концентрація субстрату, аерація катоду.

Методи виконання:

- Вивчення рекомендованої літератури та наукових статей.
- Складання конспекту з основними поняттями та схемами.
- Обговорення в малих групах для кращого розуміння матеріалу.

Частина 2. Розробка технологічної схеми створення МПЕ.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу.

- Етапи процесу:
 1. Підготовка середовища:
 - Підготовка поживного розчину з органічними субстратами.
 - Стерилізація середовища для запобігання контамінації.
 2. Інокуляція культури:
 - Додавання електроактивних мікроорганізмів

до анодної камери.

3. Процес генерації електрики:
 - Контроль умов (температура, рН, аерація).
 - Вимірювання вихідної напруги та струму.
4. Збирання та обробка даних:
 - Аналіз електричних параметрів, ефективності.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Використання стандартних символів для позначення обладнання та процесів.
- Відображення потоків матеріалів та енергії.
- Пояснювальні примітки щодо кожного етапу.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів.

- Вибір оптимальних умов процесу на основі літературних даних.
- Пояснення вибору мікроорганізмів та способу їх культивування.
- Економічна та екологічна доцільність обраних параметрів.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для побудови схем (Visio, Draw.io).
- Консультації з викладачем для уточнення деталей та правильності схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання для створення та дослідження МПЕ.

3.1. Розрахунок реактора МПЕ

- Визначення об'єму реактора.
- Розрахунок параметрів процесу:
 - Температура, рН середовища, аерація.

3.2. Розрахунок анода та катода

- Вибір матеріалу електродів:
 - Вуглецеві матеріали, графіт, платина.
- Розрахунок площі електродів:
 - Визначення необхідної площі для забезпечення ефективного переносу електронів.
- Розрахунок відстані між електродами:
 - Оптимізація відстані для зменшення внутрішнього опору.

3.3. Розрахунок допоміжного обладнання

- Системи контролю параметрів:
 - Датчики температури, рН, кисню.
 - Вибір автоматичних систем управління.
- Мішалки та насоси:
 - Підбір мішалок для рівномірного перемішування середовища.
 - Вибір насосів для подачі субстрату та відведення відходів.

Практичне заняття №10. Виробництво біоводню з використанням ціанобактерій.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами виробництва біоводню з використанням ціанобактерій.
- Вивчити технологічні процеси виробництва біоводню.
- Розробити технологічну схему виробництва біоводню.
- Виконати розрахунок основного обладнання для виробництва біоводню.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти виробництва біоводню з використанням ціанобактерій.
- Розробити технологічну схему процесу виробництва біоводню.
- Виконати розрахунок основного обладнання для виробництва та дослідження біоводню.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення біоводню та ціанобактерій.

1.1. Основи біологічного виробництва водню.

- Фотобіологічні процеси:
 - Використання світлової енергії для фотосинтезу та розкладу води.
 - Роль ціанобактерій у виробництві водню.
- Типи ціанобактерій:
 - Основні види, придатні для виробництва водню.
 - Особливості їх культивування та метаболізму.

1.2. Фотосинтетичний метаболізм ціанобактерій.

- Механізми фотосинтезу:
 - Збір світла та перетворення його в хімічну енергію.
 - Виробництво водню в анаеробних умовах.
- Фактори, що впливають на продуктивність водню:
 - Інтенсивність світла, концентрація поживних речовин, температура.

1.3. Основні параметри роботи біоводневих систем.

- Ефективність перетворення енергії:
 - Вихід водню з одиниці біомаси.
 - Енергетичні показники та ефективність.
- Контроль умов культивування:
 - Температура, рН середовища, аерація.

Методи виконання:

- Вивчення рекомендованої літератури та наукових статей.
- Складання конспекту з основними поняттями та схемами.
- Обговорення в малих групах для кращого розуміння матеріалу.

Частина 2. Розробка технологічної схеми виробництва біоводню.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу.

- Етапи процесу:
 1. Підготовка середовища:
 - Підготовка поживного розчину для культивування ціанобактерій.
 - Стерилізація середовища для запобігання контамінації.
 2. Інокуляція культури:
 - Додавання культури ціанобактерій до реактора.
 3. Культивування та виробництво водню:
 - Контроль умов (світло, температура, рН).
 - Збір та зберігання водню.
 4. Обробка та аналіз водню:
 - Очищення водню від домішок.
 - Аналіз чистоти та енергетичної цінності водню.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Використання стандартних символів для позначення

обладнання та процесів.

- Відображення потоків матеріалів та енергії.
- Пояснювальні примітки щодо кожного етапу.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів

- Вибір оптимальних умов культивування на основі літературних даних.
- Пояснення вибору ціанобактерій та способу їх культивування.
- Економічна та екологічна доцільність обраних параметрів.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для побудови схем (Visio, Draw.io).
- Консультації з викладачем для уточнення деталей та правильності схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання для виробництва біоводню.

3.1. Розрахунок фотобіореактора..

- Визначення об'єму фотобіореактора.
- Розрахунок параметрів процесу:
 - Інтенсивність світла, температура, рН середовища.

3.2. Розрахунок системи аерації

- Визначення необхідної кількості CO₂:
 - Розрахунок на основі потреб ціанобактерій.
- Розрахунок повітряного потоку:
 - Вибір компресора та дифузора для забезпечення оптимального газообміну.

3.3. Розрахунок допоміжного обладнання.

- Освітлювальні системи:
 - Вибір типу та потужності освітлювальних пристроїв для забезпечення оптимального рівня освітлення.
- Системи контролю параметрів:
 - Датчики температури, рН, концентрації CO₂.
 - Автоматизовані системи для підтримки стабільних умов культивування.
- Насоси та трубопроводи:
 - Підбір насосів для подачі поживних речовин та відведення відпрацьованої біомаси.
 - Розрахунок діаметра трубопроводів для забезпечення

ефективного транспортування.

3.4. Система очищення та зберігання водню.

- Очищення водню:
 - Використання адсорбційних або мембранних методів для видалення домішок.
 - Оцінка ефективності очищення та вибір відповідного обладнання.
- Система зберігання:
 - Вибір балонів або резервуарів для зберігання водню.
 - Розрахунок об'єму зберігання та тиску в резервуарах для забезпечення безпеки.
 - Вибір матеріалів конструкції (нержавіюча сталь, композити) для забезпечення стійкості до високого тиску.
- Компресори:
 - Розрахунок необхідної потужності компресорів для стиснення водню до потрібного тиску.
 - Вибір типу компресора (поршневі, мембранні) залежно від продуктивності установки.

3.5. Матеріальні та енергетичні баланси.

- Матеріальний баланс:
 - Розрахунок кількості вхідної сировини (поживних речовин, води), отриманого водню та побічних продуктів.
 - Оцінка втрат на різних етапах процесу.
- Енергетичний баланс:
 - Розрахунок споживаної енергії на кожному етапі процесу (освітлення, аерація, компресія).
 - Оцінка енергоефективності виробництва біоводню.

Методи виконання:

- Використання довідників та методичних посібників для технологічних розрахунків.
- Застосування програмних засобів (Excel, Mathcad) для обробки даних.
- Перевірка результатів на логічність та відповідність реальним умовам.

Заключна частина.

- Обговорення результатів:

- Представлення основних висновків та отриманих даних.
 - Обговорення можливих проблем та шляхів їх вирішення.
 - Відповіді на запитання:
 - Роз'яснення складних моментів.
 - Додаткові рекомендації від викладача.
 - Підведення підсумків:
 - Подальші кроки для завершення курсового проєкту.
- Очікувані результати після заняття:
- Розуміння теоретичних основ виробництва біоводню з використанням ціанобактерій.
 - Розроблена технологічна схема процесу з поясненнями та обґрунтуванням.
 - Виконані розрахунки основного обладнання, необхідного для реалізації процесу

Практичне заняття №11. Основи генетичного модифікування мікроорганізмів для підвищення виходу біопалива.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами генетичного модифікування мікроорганізмів для підвищення виходу біопалива.
- Вивчити технологічні процеси генетичної модифікації мікроорганізмів.
- Розробити технологічну схему процесу генетичного модифікування.
- Виконати розрахунок основного обладнання для генетичної модифікації та дослідження ефективності мікроорганізмів.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти генетичного модифікування мікроорганізмів для підвищення виходу біопалива.
- Розробити технологічну схему процесу генетичного модифікування мікроорганізмів.
- Виконати розрахунок основного обладнання для генетичної модифікації та дослідження мікроорганізмів.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення основ генетичного модифікування мікроорганізмів.

1.1. Основи генетичної інженерії.

- Методи генетичного модифікування:
 - Рекомбінантна ДНК технологія.
 - CRISPR-Cas9 система.
 - Трансформація та трансфекція.
- Цільові гени:
 - Гени, що підвищують виробництво ліпідів, етанолу, водню.
 - Гени, що забезпечують стійкість до стресів.

1.2. Види мікроорганізмів для генетичної модифікації.

- Бактерії:
 - *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* та інші.
- Дріжджі:
 - *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia pastoris*.
- Ціанобактерії:
 - *Anabaena*, *Synechococcus*.

1.3. Основні параметри роботи модифікованих мікроорганізмів.

- Ефективність виробництва біопалива:
 - Вихід продукції з одиниці субстрату.
 - Стійкість до умов культивування.
- Фактори, що впливають на ефективність:
 - Температура, рН, концентрація субстрату, наявність інгібіторів.

Методи виконання:

- Вивчення рекомендованої літератури та наукових статей.
- Складання конспекту з основними поняттями та схемами.
- Обговорення в малих групах для кращого розуміння матеріалу.

Частина 2. Розробка технологічної схеми процесу генетичного модифікування.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу

- Етапи процесу:
 1. Підготовка культури:
 - Вирощування мікроорганізмів у поживному середовищі.
 - Стерилізація обладнання та середовища для

запобігання контамінації.

2. Генетичне модифікування:
 - Використання методів трансформації для введення цільових генів.
 - Контроль процесу модифікації.
3. Культивування модифікованих мікроорганізмів:
 - Підтримання оптимальних умов для росту та виробництва біопалива.
 - Відбір та аналіз продукції.
4. Аналіз ефективності:
 - Вимірювання виходу біопалива, оцінка стійкості до стресів.
 - Порівняння з вихідними штамми.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Використання стандартних символів для позначення обладнання та процесів.
- Відображення потоків матеріалів та енергії.
- Пояснювальні примітки щодо кожного етапу.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів.

- Вибір оптимальних умов процесу на основі літературних даних.
- Пояснення вибору мікроорганізмів та способу їх модифікації.
- Економічна та екологічна доцільність обраних параметрів.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для побудови схем (Visio, Draw.io).
- Консультації з викладачем для уточнення деталей та правильності схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання для проведення генетичних модифікацій та досліджень.

3.1. Розрахунок біореактора для культивування мікроорганізмів

- Визначення об'єму біореактора.
- Розрахунок параметрів процесу:
 - Температура, рН середовища, аерація.

3.2. Розрахунок обладнання для трансформації мікроорганізмів.

- Методи трансформації:
 - Електропорація: Використання електричних імпульсів для введення ДНК у клітини.

- Хімічна трансформація: Використання хімічних агентів (наприклад, CaCl_2) для підвищення проникності клітинної мембрани.
- Розрахунок електропоратора:
 - Вибір типу електропоратора (настільний, промисловий).
 - Визначення параметрів імпульсу (напруга, тривалість).
- Розрахунок обладнання для хімічної трансформації:
 - Визначення концентрації хімічного агента та об'єму реакційного посуду.

3.3. Розрахунок допоміжного обладнання.

- Системи контролю параметрів:
 - Датчики температури, рН, кисню.
 - Вибір автоматичних систем управління для підтримки стабільних умов культивування.
- Центрифуги та фільтри:
 - Визначення продуктивності центрифуг для відділення клітин.
 - Підбір фільтрів для очищення культурального середовища.
- Мішалки та насоси:
 - Підбір мішалок для рівномірного перемішування середовища.
 - Вибір насосів для подачі поживних речовин та відведення відходів.

3.4. Матеріальні та енергетичні баланси.

- Матеріальний баланс:
 - Розрахунок кількості вхідної сировини (поживних речовин, води), отриманого біомаси та побічних продуктів.
 - Оцінка втрат на різних етапах процесу.
- Енергетичний баланс:
 - Розрахунок споживаної енергії на кожному етапі процесу (культивування, трансформація).
 - Оцінка енергоефективності процесу генетичного модифікування.

Методи виконання:

- Використання довідників та методичних посібників для технологічних розрахунків.
- Застосування програмних засобів (Excel, Mathcad) для обробки даних.
- Перевірка результатів на логічність та відповідність реальним умовам.

Заключна частина.

- Обговорення результатів:
 - Представлення основних висновків та отриманих даних.
 - Обговорення можливих проблем та шляхів їх вирішення.
- Відповіді на запитання:
 - Роз'яснення складних моментів.
 - Додаткові рекомендації від викладача.
- Підведення підсумків:
 - Подальші кроки для завершення курсового проекту.

Очікувані результати після заняття:

- Розуміння теоретичних основ генетичного модифікування мікроорганізмів для підвищення виходу біопалива.
- Розроблена технологічна схема процесу з поясненнями та обґрунтуванням.
- Виконані розрахунки основного обладнання, необхідного для реалізації процесу.

Практичне заняття №12. Розробка енергозабезпечення для автономних робототехнічних пристроїв на основі біоенергетичних систем.

Мета заняття:

- Ознайомитися з теоретичними основами розробки енергозабезпечення для автономних робототехнічних пристроїв.
- Вивчити технологічні процеси та принципи роботи біоенергетичних систем.
- Розробити технологічну схему енергозабезпечення робототехнічних пристроїв.
- Виконати розрахунок основного обладнання для створення та дослідження енергозабезпечення робототехнічних пристроїв.

Завдання заняття:

- Вивчити теоретичні аспекти розробки енергозабезпечення для автономних робототехнічних пристроїв.
- Розробити технологічну схему процесу енергозабезпечення робототехнічних пристроїв.
- Виконати розрахунок основного обладнання для створення та дослідження енергозабезпечення робототехнічних пристроїв.

Хід виконання практичного заняття:

Частина 1. Теоретичне вивчення енергозабезпечення робототехнічних пристроїв.

1.1. Основи біоенергетичних систем.

- Типи біоенергетичних систем:
 - Біогазові установки, мікробні паливні елементи, виробництво біоводню.
 - Принципи роботи та основні компоненти.

1.2. Робототехнічні пристрої та їхні енергетичні потреби.

- Типи автономних робототехнічних пристроїв:
 - Наземні, водні, повітряні.
 - Особливості їхньої конструкції та функціонування.
- Енергетичні потреби:
 - Вимоги до потужності та ємності батарей.
 - Способи оптимізації енергоспоживання.

1.3. Взаємодія біоенергетичних систем з робототехнічними пристроями.

- Інтеграція біоенергетичних систем у конструкцію робототехнічних пристроїв:
 - Розміщення компонентів, забезпечення ефективного передачі енергії.
- Контроль параметрів енергосистеми:
 - Моніторинг стану батарей, контроль виробництва та споживання енергії.

Методи виконання:

- Вивчення рекомендованої літератури та наукових статей.
- Складання конспекту з основними поняттями та схемами.
- Обговорення в малих групах для кращого розуміння матеріалу.

Частина 2. Розробка технологічної схеми енергозабезпечення робототехнічних пристроїв.

2.1. Визначення етапів технологічного процесу

- Етапи процесу:
 1. Вибір типу біоенергетичної системи:
 - Визначення доцільності використання біогазу, біоводню або мікробних паливних елементів.
 2. Розробка схеми енергозабезпечення:
 - Складання схеми виробництва та передачі енергії до робототехнічного пристрою.
 - Розробка системи зберігання та регулювання енергії.
 3. Інтеграція системи в конструкцію робототехнічного пристрою:
 - Розміщення компонентів системи, забезпечення ефективної взаємодії.
 4. Контроль та моніторинг системи:
 - Встановлення датчиків та автоматичних систем контролю.

2.2. Побудова блок-схеми технологічного процесу.

- Використання стандартних символів для позначення обладнання та процесів.
- Відображення потоків матеріалів та енергії.
- Пояснювальні примітки щодо кожного етапу.

2.3. Обґрунтування вибору технологічних параметрів.

- Вибір оптимальних умов роботи енергосистеми на основі літературних даних.
- Пояснення вибору типу біоенергетичної системи та способу її інтеграції.
- Економічна та екологічна доцільність обраних параметрів.

Методи виконання:

- Індивідуальна або групова робота з використанням програм для побудови схем (Visio, Draw.io).
- Консультації з викладачем для уточнення деталей та правильності схеми.

Частина 3. Розрахунок основного обладнання для створення та дослідження енергозабезпечення робототехнічних пристроїв.

3.1. Розрахунок біореактора

- Визначення об'єму біореактора.

- Розрахунок параметрів процесу:
 - Температура, рН середовища, аерація.
- 3.2. Розрахунок системи зберігання та передачі енергії.
- Батареї та акумулятори:
 - Визначення ємності та потужності батарей для забезпечення потреб робототехнічного пристрою.
- Система перетворення енергії:
 - Вибір перетворювачів для забезпечення стабільної напруги та струму.
- 3.3. Розрахунок допоміжного обладнання.
- Системи контролю параметрів:
 - Датчики температури, рН, концентрації кисню.
 - Автоматизовані системи для підтримки стабільних умов роботи.
- Насоси та трубопроводи:
 - Підбір насосів для подачі поживних речовин та відведення відпрацьованої біомаси.
 - Розрахунок діаметра трубопроводів для забезпечення ефективного транспортування.
- 3.4. Розрахунок системи очищення та зберігання енергії.
- Очищення та зберігання водню або біогазу:
 - Використання адсорбційних або мембранних методів для видалення домішок.
 - Вибір резервуарів для зберігання енергії, враховуючи об'єм та тиск.
- Компресори:
 - Розрахунок необхідної потужності компресорів для стиснення газу до потрібного тиску.
 - Вибір типу компресора (поршневі, мембранні) залежно від продуктивності установки.
- 3.5. Матеріальні та енергетичні баланси.
- Матеріальний баланс:
 - Розрахунок кількості вхідної сировини (поживних речовин, води), отриманої енергії та побічних продуктів.
 - Оцінка втрат на різних етапах процесу.
- Енергетичний баланс:
 - Розрахунок споживаної енергії на кожному етапі

процесу (культивування, очищення, зберігання).

- Оцінка енергоефективності виробництва енергії.

Методи виконання:

- Використання довідників та методичних посібників для технологічних розрахунків.
- Застосування програмних засобів (Excel, Mathcad) для обробки даних.
- Перевірка результатів на логічність та відповідність реальним умовам.

Заключна частина.

- Обговорення результатів:
 - Представлення основних висновків та отриманих даних.
 - Обговорення можливих проблем та шляхів їх вирішення.
- Відповіді на запитання:
 - Роз'яснення складних моментів.
 - Додаткові рекомендації від викладача.
- Підведення підсумків:
 - Подальші кроки для завершення курсового проєкту.

Очікувані результати після заняття:

- Розуміння теоретичних основ енергозабезпечення для автономних робототехнічних пристроїв на основі біоенергетичних систем.
- Розроблена технологічна схема процесу з поясненнями та обґрунтуванням.
- Виконані розрахунки основного обладнання, необхідного для реалізації процесу.

Курсовий проєкт та самостійна робота.

Загальна структура курсового проєкту

1. Титульна сторінка
 - Назва закладу вищої освіти
 - НН інститут, кафедра
 - Назва курсового проєкту
 - П.І.Б. студента, група
 - П.І.Б. наукового керівника, посада, науковий ступінь
 - Місто і рік виконання

2. Зміст
 - Перелік розділів і підрозділів із зазначенням сторінок
3. Перелік умовних позначень (за потреби)
 - Розшифровка абревіатур, символів, спеціальних термінів
4. Вступ
 - Актуальність теми: Обґрунтування важливості обраної теми в контексті сучасної біоенергетики та біотехнологій
 - Мета і завдання проекту: Чітке визначення цілей проекту та завдань, які необхідно вирішити
 - Методи дослідження: Методологія аналізу та розрахунків
 - Структура роботи: Короткий опис змісту розділів проекту
5. Огляд літератури (теоретична частина)
 - Розділ 1: Стан питання та аналіз літературних джерел
 - Сучасний стан досліджень з обраної теми
 - Аналіз наукових статей, монографій, стандартів, нормативних документів
 - Виявлення актуальних проблем та напрямків розвитку
 - Розділ 2: Теоретичні основи теми
 - Детальний виклад теоретичних аспектів обраної теми
 - Математичні моделі, рівняння, схеми процесів (при необхідності)
 - Опис технологічних процесів та обладнання
6. Проектно-розрахункова частина
 - Розділ 3: Розробка технологічної схеми або процесу
 - Вибір та обґрунтування технологічної схеми
 - Опис технологічного процесу з послідовністю стадій
 - Блок-схеми процесів, діаграми потоків матеріалів та енергії
 - Розділ 4: Розрахунок основного обладнання
 - Визначення параметрів процесу
 - Розрахунок основного технологічного

- обладнання (реакторів, установок, апаратів)
 - Підбір типового обладнання або розробка технічних вимог для виготовлення
 - Розрахунки матеріального та енергетичного балансу процесу
 - Розділ 5: Техніко-економічне обґрунтування
 - Оцінка економічної доцільності проекту
 - Розрахунок основних економічних показників (собівартість, період окупності, рентабельність)
 - Врахування екологічних аспектів та стандартів безпеки
- 7. Висновки
 - Підсумок проведеної роботи
 - Досягнення мети та виконання поставлених завдань
 - Рекомендації щодо впровадження розроблених рішень
 - Перспективи подальших досліджень
- 8. Список використаних джерел
 - Оформлений згідно з вимогами (ДСТУ, АРА, MLA тощо)
 - Повний перелік джерел, на які є посилання в тексті
- 9. Додатки (за потреби)
 - Детальні розрахунки
 - Графічні матеріали (схеми, креслення, діаграми)
 - Технічні характеристики обладнання
 - Інші допоміжні матеріали

Особливості структури для конкретних тем.

1. Аналіз складу та підготовка лігноцелюлозної біомаси

- Розділ 2 (Теоретичні основи):
 - Хімічний склад лігноцелюлозної біомаси
 - Методи аналізу та підготовки біомаси до переробки
- Розділ 3 (Розробка технологічної схеми):
 - Схема підготовки біомаси (подрібнення, сушіння, фізико-хімічне оброблення)
- Розділ 4 (Розрахунок обладнання):
 - Розрахунок дробарки, сушарки, реактора для попередньої обробки

2. Ензиматичний гідроліз біомаси для отримання ферментованих цукрів

- Розділ 2:
 - Механізм ензиматичного гідролізу, ферменти та їх активність
- Розділ 3:
 - Технологічна схема процесу гідролізу
- Розділ 4:
 - Розрахунок реактора для гідролізу, визначення оптимальних умов процесу

3. Ферментація цукрів та виробництво біоетанолу

- Розділ 2:
 - Біохімічні основи ферментації, характеристики мікроорганізмів
- Розділ 3:
 - Технологічна схема ферментації та відокремлення етанолу
- Розділ 4:
 - Розрахунок біореактора, дистиляційної колони для очищення етанолу

4. Культивування мікроводоростей для біоенергетичних цілей

- Розділ 2:
 - Біологія мікроводоростей, фактори, що впливають на їх ріст
- Розділ 3:
 - Схема культивування (відкриті ставки, фотобіореактори)
- Розділ 4:
 - Розрахунок фотобіореактора, системи аерації та освітлення

5. Виділення та аналіз ліпідів з мікроводоростей

- Розділ 2:
 - Методики екстракції ліпідів, їх роль у біоенергетиці
- Розділ 3:
 - Технологічна схема екстракції та очищення ліпідів
- Розділ 4:
 - Розрахунок екстрактора, вибір розчинників та параметрів процесу

- 6. Синтез біодизелю з мікроводоростей та рослинних олій
 - Розділ 2:
 - Хімічні реакції трансестерифікації, властивості сировини
 - Розділ 3:
 - Схема синтезу біодизелю та очищення продукту
 - Розділ 4:
 - Розрахунок реактора для трансестерифікації, сепараційного обладнання
- 7. Конструювання та запуск лабораторної біогазової установки
 - Розділ 2:
 - Принципи роботи біогазових установок, типи реакторів
 - Розділ 3:
 - Проектування біогазової установки для заданої продуктивності
 - Розділ 4:
 - Розрахунок об'єму реактора, системи нагріву та змішування
- 8. Аналіз складу та енергетичної цінності біогазу
 - Розділ 2:
 - Склад біогазу, фактори, що впливають на його якість
 - Розділ 3:
 - Технологічна схема виробництва та очищення біогазу
 - Розділ 4:
 - Розрахунок обладнання для очищення газу, системи компримування
- 9. Створення та дослідження мікробних паливних елементів
 - Розділ 2:
 - Принципи роботи мікробних паливних елементів, види мікроорганізмів
 - Розділ 3:
 - Схема конструювання паливного елемента
 - Розділ 4:
 - Розрахунок поверхні електродів, параметрів системи
- 10. Виробництво біоводню з використанням ціанобактерій
 - Розділ 2:
 - Біохімічні процеси фотобіологічного виробництва

водню

- Розділ 3:
 - Технологічна схема культивування ціанобактерій та відбору водню
- Розділ 4:
 - Розрахунок біореактора, системи газозбору та очищення водню

11. Основи генетичного модифікування мікроорганізмів для підвищення виходу біопалива

- Розділ 2:
 - Методи генетичної інженерії, цільові гени та їх функції
- Розділ 3:
 - Схема процесу генетичного модифікування, етапи створення штаму
- Розділ 4:
 - Розрахунок оптимальних умов культивування модифікованих мікроорганізмів, обладнання для промислового масштабу

12. Розробка енергозабезпечення для автономних робототехнічних пристроїв на основі біоенергетичних систем

- Розділ 2:
 - Джерела енергії для автономних систем, біоенергетичні підходи
- Розділ 3:
 - Схема енергозабезпечення робототехнічного пристрою, вибір компонентів
- Розділ 4:
 - Розрахунок енергоспоживання, характеристик накопичувачів енергії, систем управління енергоресурсами

Рекомендації щодо виконання проектно-розрахункової частини

- Використання стандартів та нормативів: При розрахунках обладнання звертайтеся до відповідних ДСТУ, ГОСТ, міжнародних стандартів.
- Сучасні технології: Використовуйте новітні розробки та інноваційні підходи в технологічних схемах.
- Програмні засоби: Для розрахунків можете використовувати

спеціалізоване програмне забезпечення (наприклад, Mathcad, Aspen HYSYS, AutoCAD).

- Масо- та енергобаланси: Обов'язково виконайте розрахунки матеріального та енергетичного балансу процесу.
- Економічний аналіз: Розгляньте різні сценарії з урахуванням вартості сировини, обладнання, енергоносіїв.
- Екологічний аспект: Оцініть вплив запропонованої технології на навколишнє середовище, запропонуйте заходи для мінімізації негативних впливів.

Вимоги до оформлення:

- Текст: Набраний шрифтом Times New Roman, розмір 14, інтервал 1,5.
- Поля: Ліве – 30 мм, праве – 15 мм, верхнє та нижнє – по 20 мм.
- Нумерація сторінок: Внизу сторінки, по центру або праворуч.
- Рисунки та таблиці: Повинні мати назви, номер та бути згаданими в тексті.
- Посилання на джерела: Оформлюються згідно з обраним стандартом, в тексті за допомогою квадратних дужок або верхніх індексів.
- Список використаних джерел: Містить не менше 15 джерел, бажано сучасних (останніх 5–10 років).

Поради щодо успішного виконання курсового проекту:

- Планування: Розробіть детальний план роботи зі встановленням термінів виконання кожного розділу.
- Регулярні консультації: Зустрічайтеся з керівником для отримання зворотного зв'язку та рекомендацій.
- Якість джерел: Використовуйте наукові статті, монографії, перевірені інтернет-ресурси.
- Структурованість: Дотримуйтесь логічної послідовності викладення матеріалу, використовуйте підзаголовки.
- Візуалізація: Використовуйте таблиці, графіки, схеми для наочного представлення інформації.
- Перевірка та редагування: Перевірте роботу на наявність помилок, відредагуйте текст перед поданням.
- Академічна доброчесність: Уникайте плагіату, унікальність тексту повинна бути високою (більше 70–80%).

Література

1. Пирог Т. П. Загальна біотехнологія : підручник / Т.П. Пирог, О.А. Ігнатова ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : НУХТ, 2009. - 335 с.
2. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під общ. ред. В.Г. Герасименка. - К.: Фірма «ІНКОС», 2006. - 647 с.
4. Грегірчак Н. М. Імобілізовані ферменти і клітини в біотехнології : конспект лекцій для студ. спец. 8.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / Н. М. Грегірчак, М. М. Антонюк, - К.: НУХТ, 2011. - 59 с.
5. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник. М.Д. Мельничук, О.Л.Кляченко, В.В.Бородай, Ю.В. Коломієць. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 253 с.
6. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв : навч. посіб. для студ. базових напрямів підготовки 092902 "Біотехнологія біологічно активних речовин" і 1102 "Фармація" / Ю. І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В. П. Новіков ; Мін-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - Львів : Львівська політехніка, 2004. – 460 с.
7. Нормативне забезпечення біотехнологічних виробництв: навчальний посібник. В.В.Бородай, О.Л.Кляченко. К.: Компрінт, 2018. – 259 с.
8. Біоенергетика: Курс лекцій. Частина 1 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. О. Бודько. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 109 с.
9. Бабський А, Іккерт О, Манько В. Основи біоенергетики: підручник для студ. вищ. навч. закл. Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2019. - 312 с.
10. Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення. Практичний посібник під редакцією Тормосова Р.Ю. К. : ТОВ «Поліграф Плюс». 2015. - 208 с.
11. Щурська К.О., Кузьмінський Є.В. Біоенергетика. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - 306 с.
12. Дубровін В.О., Голуб Г.А., Поліщук В.М., Сера К.М.,

Марус О.А., Драгнев С.В., Павленко М.Ю., Кухарець С.М., Щербак С.Д. Біодизель та біоетанол. К., 2015. - 52 с.

13. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України. 2017. – 37 с.

14. Ravindra Singh Pandya, Tanveen Kaur, Riya Bhattacharya, Debajyoti Bose, Devansh Saraf. Harnessing microorganisms for bioenergy with microbial fuel cells: Powering the future, Water-Energy Nexus, Volume 7, 2024, P. 1-12.