



Біоенергетика

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 «Біотехнології та біоінженерія»
Освітня програма	«Біотехнології»
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс / осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити, 36 год лекції, 18 год практичні заняття 18 год лабораторні, самостійна робота 48 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / модульна контрольна робота / ДКР
Розклад занять	http://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц., доц. Щурська Катерина Олександрівна, shchurska.kateryna@iit.kpi.ua , телеграм @shchurska Практичні: к.т.н., доц., доц. Щурська Катерина Олександрівна, shchurska.kateryna@iit.kpi.ua , телеграм @shchurska Лабораторні: к.т.н., доц., доц. Щурська Катерина Олександрівна, shchurska.kateryna@iit.kpi.ua , телеграм @shchurska, асистент, доктор філософії, Колтишева Діна Сергіївна, koltysheva.dina@iit.kpi.ua
Розміщення курсу	Google classroom, код курсу, amcpk4z

Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- до опанування технологій отримання та використання енергії з біомаси, а саме твердого біопалива для теплопостачання, різновидів рідкого біопалива для використання в якості моторних палив, газоподібного біопалива для одержання теплової, електричної енергії, а також промислової сировини;
- аналізувати та проектувати виробництва природоохоронного характеру на основі процесів мікробного синтезу.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі вищої освіти повинні засвоїти компетентності, якими повинен оволодіти здобувач:

Здатність аналізувати та проектувати виробництва біотехнологічної продукції харчового, фармацевтичного, парафармацевтичного та природоохоронного характеру на основі процесів мікробного синтезу

Здатність проводити аналіз сировини, матеріалів, напівпродуктів, цільових продуктів біотехнологічного виробництва енергоносіїв та утилізації відходів різного походження

Здатність до опанування технологій отримання та використання енергії з біомаси різного походження та оцінювати ефективність біотехнологічного процесу.

Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проєктування, розрахунку та випробувань при розробці біотехнологій отримання енергоносіїв та очищення стічної води, утилізації відходів різного походження та отримання цільових продуктів.

Програмні результати навчання:

Вміти розробляти технології отримання та використання твердого, рідкого та газоподібного біопалива, хімічних, фізичних, мікробіологічних та біохімічних основ утворення біопалива

Вміти аналізувати та проєктувати спеціальні біотехнологічні виробництва із виготовлення продукції різного функціонального та галузевого призначення

Вміти формулювати теоретичні та практичні підходи до створення та керування біотехнологічними процесами отримання енергії та енергоносіїв, очищення стічної води та переробки відходів.

Вміти аналізувати теоретичні та практичні підходи до створення та застосування асоціацій мікроорганізмів та штамів для використання їх в процесах отримання енергоносіїв, природоохоронних технологій, переробки відходів

Вміти формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадження біотехнологічних процесів одержання енергії та енергоносіїв.

Вміти демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в галузі відновлюваних джерел енергії, переробки відходів та очищенні стічної води.

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

Пререквізити: загальні природничо-наукові знання; базові знання з хімії, фізики, біохімії; рівень володіння англійською мовою не нижче B1;

Постреквізити: отримані результати навчання є підґрунтям для проходження переддипломної практики та виконання атестаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Біоенергетика. Сучасний стан та перспективи

Тема 1. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та в Україні

Тема 2. Нормативно-правові документи України та державне регулювання у сфері біоенергетики.

Розділ 2. Традиційні біопалива

Тема 1. Загальна характеристика біомаси.

Тема 2. Тверде біопаливо.

Тема 3. Рідке біопаливо

Тема 4. Газоподібне біопаливо

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Біоенергетика : підручник для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / К. О. Щурська, Є. В. Кузьмінський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 304 с.
2. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energymagazine.com.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai-ni.pdf>. – Назва з екрана.

3. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. /За ред. В.В. Клименка – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. – 162 с.
4. Красінько В. О. Біоенергетика та охорона довкілля [Електронний ресурс]: консп. лекцій / В. О. Красінько. – Київ : НУХТ, 2013. – 88 с. – Назва з екрана.
5. Біогазові технології в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Budivnyctvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf. – Назва з екрана.
6. Високоєфективні засоби приготування біопалива / О. Є. Колосов, Г. Л. Рябцев, В. І. Сівецький, Д. Е. Сідоров, С. О. Пристайлов. – К. : Січка, 2010. – 152 с.

Допоміжна література:

7. Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення: практ. посіб. / Під заг. ред. Р. Ю. Тормосова. – Київ : ТОВ «Поліграф плюс», 2015. – 208 с.
8. Кузьмінський Є. В. Проблемні питання екобіотехнології та біоенергетики: підручник / Є. В. Кузьмінський, К. О. Щурська. – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 75 с.
9. Гелетука Г. Г. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г. Г. Гелетука, Т. А. Желєзна // Т. 39, № 2. – Пром. теплотехн., 2017. – С. 60–63.
10. Титко Р. Відновлювальні джерела енергії : навч. посіб. / Р. Титко, В. М. Калініченко // Відновлювальні Джерела Енергії (досвід Польщі для України). – Варшава : OWG, 2010. – 530 с.
11. Друкований М. Ф. Переваги та недоліки використання біодизеля [Електронний ресурс] / М. Ф. Друкований, І. М. Алексевич, І. М. Ковальова // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2016. – № 3 (95). – С.190–192. Режим доступу: <http://tetapk.vsau.org/files/pdfa/3307.pdf>. – Назва з екрана.
12. Біодизель та біоеталон : модуль / В. О. Дубровін, Г. А. Голуб, В. М. Поліщук [та ін.] ; UNIDO. – К., 2015. – 52 с
13. Носенко Ю. У пошуках альтернативи: біобутанол / Ю. Носенко // Агробізнес сьогодні. – 2016. – № 6. – С. 102–104.
14. Калетнік Г.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК Україн. Навч. посібник/ Калетнік Г.М., Пришляк В.М. – К: Аграрна наука, 2010. – 327 с.
15. Bernhard Drosch Process monitoring in biogas plants Technical Brochure 2013 IEA Bioenergy ISBN 978-1-910154-03-8
16. Фундаментальні проблеми водневої енергетики : монографія / Під. ред. акад. НАНУ В. Д. Походенка, акад. НАНУ В. В. Скорохода, чл.-кор. Ю. М. Солоніна. – Київ : «НАН України», 2010. – 495 с.
17. Левтун І.І. Біотехнологія культивування мікроводоростей *Chlorella vulgaris* з підвищеним вмістом ліпідів : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 03.00.20 – біотехнологія / Ігор Ігорович Левтун ; КПП ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2017. – 154 с.
18. О Косинчук, Г Кондратюк, Н Козлова, Є Новицька Визначення зменшення викидів парникових газів за рахунок використання відновлюваних джерел енергії /Наукоємні технології. – 2010. - №5 (1). – С. 98-102.
19. Шаманський С. Й. Моделювання масової та ліпідної продуктивності культивування мікроводоростей в умовах Київської області / С. Й. Шаманський, М. С. Бойченко, Л. І. Павлюх // Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. – 2017. – № 4 (50). – С. 184–192

Інформаційні ресурси

- о <http://www.uabio.org/> - Біоенергетична асоціація України
- о en.kge.bio - ТОВ “Київ Грін Енерджі”
- о <http://biomass.kiev.ua/> - Науково-технічний центр «Біомаса»
- о <http://bio-gas.com.ua/> - АККОРД-ЛТД
- о <https://rea.org.ua/> - Агентство з відновлюваної енергетики

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

5.1 Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кількість ауд. годин
1	Вступ. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та в Україні, зокрема. Можливі сценарії подальшого розвитку цивілізації. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та Україні. <i>Література:</i> 1, 2.	2
2	Законодавчі та економічні аспекти розвитку біоенергетики у світі. Політика країн світових лідерів щодо стимуляції використання енергії біомаси. Законодавча база біоенергетичної галузі в Україні (Закон України Про альтернативні види палива, Енергетичну стратегію України на період до 2030 р., Закон України Про альтернативні види палива. Закон України Про внесення змін до деяких законів України щодо обов'язковості використання рідкого біопалива (біокомпонентів) у галузі транспорту. Структура єдиного біоенергетичного простору України. <i>Література:</i> 1, 2.	2
3	Загальна характеристика біомаси та біопалива. Класифікація енергетичної сировини. Основні деревні енергетичні рослини європейської зони. Поняття про ліси швидкої ротації (SRF). Аналіз переваг та недоліків біомаси як палива. Елементний склад біопалива. Характеристики біопалива (нижча і вища теплота згорання палива, температура плавлення золи) <i>Література:</i> 1, 7.	2
4	Технологія виробництва паливних гранул. Характеристика паливних гранул, сировина, переваги та недоліки використання паливних гранул. Технологія виробництва деревних паливних гранул та агропелет. <i>Література:</i> 1, 3.	2
5	Пряме спалювання твердого біопалива. Основні види та характеристики твердого біопалива з рослинних відходів. Пряме спалювання. Обладнання для спалювання. <i>Література:</i> 1, 4	2
6	Газифікація та піроліз біомаси. Хімічні процеси (автотермічні, алотермічні) при газифікації біомаси. Конструкції апаратів для газифікації. Проблеми, що супроводжують експлуатацію газогенераторної установки. Піроліз біомаси, хімізм процесу, продукти та відходи. <i>Література:</i> 1, 4.	2
7	Очищення продуктів згорання. Утилізація та системи очищення продуктів згорання. Системи конденсації продуктів згорання. Утилізація золи. <i>Література:</i> 1, 4.	2
8	Рідке біопаливо. Стан та перспективи розвитку виробництва рідкого біопалива в Україні. Види рідкого біопалива та його використання. Промислове виробництво біопалива з рослинних відходів в Україні.	2

	<i>Література: 1, 11.</i>	
9	Біодизель як вид рідкого біопалива. Характеристика біодизеля. Технології виробництва біодизеля. Відходи виробництва біодизеля та їх утилізація. Переваги, недоліки біодизеля, перспективи та питання охорони довкілля <i>Література: 1, 11.</i>	2
10	Біоетанол як вид рідкого біопалива. Характеристика біоетанолу. Технології одержання біоетанолу з різних типів сировини. Продуценти біоетанолу. Відходи виробництва біоетанолу та їхня утилізація. <i>Література: 1, 4.</i>	2
11	Біобутанол як вид рідкого біопалива. Характеристика біобутанолу. Ацетоно-бутилове бродіння. Продуценти біобутанолу. Технології одержання біобутанолу з різних типів сировини. Переробка барди ацетоно-бутилового виробництва. Утилізація газів бродіння. <i>Література: 1, 13, 14.</i>	2
12	Перспективні рідкі біопалива. Біонафта, біобензин, біометанол – стан і перспективи, характеристика, сировина, технології отримання, переваги та недоліки. <i>Література: 1, 4.</i>	2
13	Основні види газоподібного біопалива, характеристика процесу метанового зброджування. Різновиди газоподібного біопалива (синтез-газ, генераторний газ, біогаз, біоводень) та їхня характеристика. Мікробіологічні та біохімічні основи метанового зброджування. Фактори впливу на метанове бродіння. <i>Література: 1</i>	2
14	Біогаз як газоподібне біопаливо. Загальна характеристика біогазу. Особливості анаеробного процесу бродіння в біогазових установках. Будова газгольдерів. Конструкції біогазових установок. <i>Література: 1, 15</i>	2
15	Технологічні параметри метанового бродіння Температура, перемішування, режим роботи, тривалість перебування та навантаження за сухою органічною речовиною. <i>Література: 5, 10.</i>	2
16	Очищення біогазу від домішок Технології очищення біогазу від домішок твердих частинок, H ₂ S, CO ₂ , H ₂ O, силосанів. Переваги та недоліки технологій очищення біогазу від домішок. Підготовка біогазу до кондицій природного газу. Шлях до анаеробіозу. Біометан – характеристики, використання, зберігання, транспортування. <i>Література: 1, 5</i>	2
17	Воднева енергетика Сучасний стан водневої енергетики. Біоводень як перспективний вид біопалива. Класифікація та характеристика біотехнологій продукування біоводню за способом трансформації енергії. <i>Література: 16.</i>	2
18	Біопаливо з мікроводоростей	2

	Переваги та недоліки мікроводоростей як енергетичних культур. Конструкції фотобіореакторів. Сучасні досягнення в галузі отримання біопалива з мікроводоростей. <i>Література: 17, 18.</i>	
--	--	--

5.2 Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Оцінка якості паливних гранул <i>Література: інструкція до виконання лабораторної роботи.</i>	2
2	Отримання біодизеля <i>Література: інструкція до виконання лабораторної роботи.</i>	4
3	Оцінка ефективності очищення біодизеля <i>Література: інструкція до виконання лабораторної роботи.</i>	4
4	Оцінка якості біодизеля <i>Література: інструкція до виконання лабораторної роботи.</i>	4
5	Визначення якості біологічної сировини для метанового бродіння <i>Література: інструкція до виконання лабораторної роботи.</i>	4

5.3 Практичні заняття

№ з/п	Назва практичної роботи	Кількість ауд. годин
1	Тема 1. Загальна характеристика біомаси Елементний склад біопалива. - Розрахунок маси палива: робочої, сухої, сухої беззолної. <i>Література: 1, 7.</i>	2
2	Тема 2. Тверде біопаливо Розрахунок вартості опалювання різними видами біопалива <i>Література: 1, 7.</i>	2
3	Тема 2. Тверде біопаливо. Нижча і вища теплота згоряння палива. <i>Література: 1, 7.</i>	2
4	Тема 2. Тверде біопаливо. Визначення зменшення викидів парникових газів за рахунок використання відновлюваних джерел енергії. <i>Література: 2, 4</i>	2
5	Тема 3. Рідке біопаливо SWOT-аналіз використання різних видів рідкого біопалива <i>Література: 6</i> Контрольна робота №1 - 1 год.	1 1
6	Тема 4. Газоподібне біопаливо Розрахунок об'єму і теплового навантаження метантенка біоенергетичної установки. <i>Література: 15</i>	2
7	Тема 4. Газоподібне біопаливо	1

	Розрахунок необхідної кількості енергії на роботу біоенергетичної установки Література: 15 Контрольна робота №2 - 1 год.	1
8	Тема 4. Газоподібне біопаливо Розрахунок фотобіореактора Література: 17	2
9	Тема 4. Газоподібне біопаливо SWOT-аналіз використання різних видів газоподібного біопалива Література: 6	2

5.4 Самостійна робота студента

Для самостійної роботи студента передбачено 48 год. Для очної (денної)/дистанційної форми пропонується таких розподіл годин за темами і видами робіт:

- 1) На підготовку до заліку 6 год.
- 2) На підготовку до МКР 2 год.
- 3) На підготовку до ДКР 10 год.
- 4) На підготовку до лабораторних занять та розрахунки за первинними даними, отриманими на них – 10 год.
- 5) На підготовку до практичних занять – 10.
- 6) На підготовку до лекційних занять – 10.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Експериментальні дослідження процесу виготовлення пелет з рослинних відходів. <i>Література: 3.</i>	1
2.	Українські виробники обладнання для спалювання біомаси. <i>Література: 2, 4.</i>	1
3.	ГДК складових золи. <i>Література: 1, 4.</i>	1
4.	Характеристика <i>Clostridia acetobutylicum</i> . <i>Література: 15.</i>	1
5.	Сировина для отримання біонафти. <i>Література: 1.</i>	1
6.	Утилізація дигестату анаеробної ферментації. <i>Література: 5.</i>	1
7.	Способи зберігання водню. <i>Література: 18.</i>	1
8.	Вплив абіотичних факторів на синтез ліпідів мікроводоростями. <i>Література: 19, 20.</i>	1

Політика та контроль

6 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять. Відсутність на аудиторних заняттях не передбачає нарахування штрафних балів, оскільки фінальний рейтинговий бал студента формується виключно на основі оцінювання результатів навчання.

Навчання іноземною мовою. У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

Політика дедлайнів та перескладань. Контрольні заходи (МКР) та завдання на практичних заняттях виконуються студентами тільки за розкладом, у встановлений для групи час, (виключення – перенесення написання групою (або окремих студентів) в зв'язку з необхідним дотриманням безпекових умов або з попередженням викладача та офіційним підтвердженням причини відсутності студента на написанні разом з групою).

Політика щодо академічної доброчесності. Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

При виконанні практичних та інших індивідуальних завдань необхідно наводити список посилань на використані джерела. Але не можна використовувати і посилатися на російські джерела та джерела російською мовою.

У разі виявлення академічної недоброчесності під час виконання модульної контрольної роботи – результати контрольного заходу не враховуються. МКР в такому разі не переписується.

У разі виявлення академічної недоброчесності під час виконання залікової роботи студент усувається з заліку і може повторити спробу здачі семестрового контролю на 1 чи 2 перездачі.

У разі виявлення академічної недоброчесності під час виконання ДКР (плагіат абощо) завдання студенту не зараховується. виправлене індивідуальне завдання оцінюється за критеріями, як таке, що виконане невчасно.

При виконанні ДКР необхідно наводити список посилань на використані джерела. Але не можна використовувати і посилатися на російські джерела та джерела російською мовою.

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

7 Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: написання МКР, виконання і захист лабораторних робіт, виконання ДКР, відповіді на експрес-опитуванні.

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

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання і захист усіх лабораторних робіт, виконання ДКР, стартовий рейтинг не менше 40 балів.

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захист 5 лабораторних робіт;
- 2) написання двох контрольних робіт (МКР поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по 1 годині);
- 3) виконання ДКР
- 4) Написання експрес-опитувань.

7.1. Критерії нарахування балів:

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
1.	Лабораторні заняття		5	30
	- ваговий бал Γ_k :	6		
	- допуск	1		
	- опрацювання результатів і захист: правильно оформлена робота з повним висновком-	5		
	повна відповідь на експрес контроль – неповна відповідь-	1 4 0-3		
2.	Контрольна робота*		2	40
	-ваговий бал Γ_k (за 2 КР):	20		
	- якість виконання 1 КР	0-20		

3.	ДКР**	20	1	20
4.	Експрес-опитування	1	5	5
5.	Робота на практичному занятті	5	1	5

*Контрольна робота складається з 4 питань.

Повна і вірна відповідь на питання – 5 балів,

відповідь містить певні неточності, дрібні помилки в пояснення – 4 бали;

відповідь містить вагомні неточності або є неповною – 0-3 бали.

**ДКР складається з 3 питань:

I питання оцінюється в 8 балів,

Повна і вірна відповідь на питання – 8 балів,

відповідь містить певні неточності, дрібні помилки в пояснення – 5-7 бали;

відповідь містить вагомні неточності або є неповною – 0-4 бали.

II питання – 4 бали,

Повна і вірна відповідь на питання – 4 балів,

відповідь містить певні неточності, дрібні помилки в пояснення – 3 бали;

відповідь містить вагомні неточності або є неповною – 0-2 бали.

III питання – 8 балів.

Повна і вірна відповідь на питання – 8 балів,

відповідь містить певні неточності, дрібні помилки в пояснення – 5-7 бали;

відповідь містить вагомні неточності або є неповною – 0-4 бали.

Заохочувальні бали

№		Бал	Кількість	Сума балів
1.	Виконання завдань з удосконалення дидактичних матеріалів з кредитного модуля	5	1	5

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Необхідною умовою одержання заліку є виконання і захист усіх лабораторних робіт, виконання ДКР та стартовий рейтинг R_c - не менше 40.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$R_c = 30 + 40 + 20 + 5 + 5 = 100$ балів.

Рубіжні (планові атестації). Студент повинен набрати балів: 1 атестація – «зараховано» - 6 балів (12 – максимум), 2 атестація – 30 балів (60 – максимум).

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг від 40 до 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу.

В РСО дисципліни Біоенергетика застосовується: «жорсткий» підхід, тобто здобувач отримує рейтингову оцінку за результатами заліку, семестрова оцінка скасовується.

Завдання залікової роботи складається з п'яти питань різних розділів робочої програми.

Кожне питання залікової роботи оцінюється у 20 балів відповідно до системи оцінювання:

– «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 19-20 балів;

– «дуже добре» та «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 15-18 бал;

– «достатньо» та «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 12-14 балів;

– «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів за кожне з п'яти запитань залікової роботи переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

100-бальна рейтингова система	Університетська шкала
95<RD<100	Відмінно
85<RD<94	Дуже добре
75<RD<84	Добре
65<RD<74	Задовільно
60<RD<64	Достатньо
RD<60	Незадовільно
Rc<40 або не виконані інші умови одержання заліку	Недопущений

8 Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік теоретичних питань, які виносяться на семестровий контроль (залік) наведено в додатку 1;
- завдання до ДКР наведено в додатку 2.
- Питання на контрольні роботи в додатку 3.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц. кафедри екобіотехнології та біоенергетики, к.т.н., доц., Щурська Катерина Олександрівна

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 19 від 27.06.25р.).

Погоджено Методичною комісією ФБТ (протокол №6 від 30.06.2025 р.);

Оновлено та погоджено Методичною комісією ФБТ (протокол №1 від 10.10.2025 р.) в частині умов отримання рейтингової семестрової оцінки.

Перелік теоретичних питань, які виносяться на залік:

Безкаталізаторна технологія виробництва біодизеля.

Біобутанол як вид рідкого біопалива.

Біогаз як газоподібне біопаливо.

Біодизель як вид рідкого біопалива.

Біостанол як вид рідкого біопалива.

Біонафта, біобензин, біометанол – стан і перспективи, характеристика, сировина, технології отримання, переваги та недоліки.

Біопаливо з мікробіодоростей

Воднева енергетика

Вплив абіотичних факторів на синтез ліпідів мікробіодоростями.

Вступ. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та в Україні, зокрема.

Газифікація та піроліз біомаси.

Гармонізація українського законодавства з європейським в питаннях біоенергетики

ГДК складових золи.

Експериментальні дослідження процесу виготовлення пелет з рослинних відходів.

Загальна характеристика біогазу. Особливості анаеробного процесу бродіння в біогазових установках. Будова газгольдерів. Конструкції біогазових установок.

Загальна характеристика біомаси та біопалива.

Законодавчі та економічні аспекти розвитку біоенергетики у світі.

Залежність нижчої теплоти згоряння від вологості біомаси.

Історія розвитку методів газифікації та піролізу деревної біомаси.

Класифікація енергетичної сировини. Основні деревні енергетичні рослини європейської зони. Поняття про ліси швидкої ротації (SRF). Аналіз переваг та недоліків біомаси як палива. Елементний склад біопалива. Характеристики біопалива (нижча і вища теплота згоряння палива, температура плавлення золи)

Ключові бар'єри до розвитку ВДЕ та рекомендації щодо їх усунення

Когенераційні установки.

Методи аналізу якості біостанолу.

Методика визначення показника FOS/TAC.

Механізм утворення метану з ацетату.

Можливі сценарії подальшого розвитку цивілізації. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та Україні.

Основні види газоподібного біопалива, характеристика процесу метанового зброджування.

Основні види та характеристики твердого біопалива з рослинних відходів. Пряме спалювання. Обладнання для спалювання.

охорони довкілля

Очищення біогазу від домішок

Очищення продуктів згорання.

Переваги та недоліки мікроводоростей як енергетичних культур. Конструкції фотобіореакторів. Сучасні досягнення в галузі отримання біопалива з мікроводоростей.

Перспективні рідкі біопалива.

Політика країн світових лідерів щодо стимуляції використання енергії біомаси. Законодавча база біоенергетичної галузі в Україні (Закон України Про альтернативні види палива, Енергетичну стратегію України на період до 2030 р., Закон України Про альтернативні види палива. Структура єдиного біоенергетичного простору України.

порівняльна характеристика рідкого біопалива.

Пряме спалювання твердого біопалива.

Рідке біопаливо.

Різновиди газоподібного біопалива (синтез-газ, генераторний газ, біогаз, біоводень) та їхня характеристика. Мікробіологічні та біохімічні основи метанового зброджування. Фактори впливу на метанове бродіння.

Сировина для отримання біонафти.

Способи зберігання водню.

Стан та перспективи розвитку виробництва рідкого біопалива в Україні. Види рідкого біопалива та його використання. Промислове виробництво біопалива з рослинних відходів в Україні.

Сучасний стан водневої енергетики. Біоводень як перспективний вид біопалива. Класифікація та характеристика біотехнологій продукування біоводню за способом трансформації енергії.

Температура, перемішування, режим роботи, тривалість перебування та навантаження за сухою органічною речовиною.

Технології очищення біогазу від домішок твердих частинок, H_2S , CO_2 , H_2O , силосанів. Переваги та недоліки технологій очищення біогазу від домішок. Підготовка біогазу до кондицій природного газу. Шлях до анаеробіозу.

Технологічні параметри метанового бродіння

Технологія виробництва паливних гранул.

Українські виробники обладнання для спалювання біомаси.

Утилізація дигестату анаеробної ферментації.

Утилізація та системи очищення продуктів згорання. Системи конденсації продуктів згорання. Утилізація золи.

Характеристика *Clostridia acetobutylicum*.

Характеристика біобутанолу. Ацетоно-бутилове бродіння. Продукенти біобутанолу. Технології одержання біобутанолу з різних типів сировини. Переробка барди ацетоно-бутилового виробництва. Утилізація газів бродіння.

Характеристика біодизеля. Технології виробництва біодизеля. Відходи виробництва біодизеля та їх утилізація. Переваги, недоліки біодизеля, перспективи та питання

Характеристика біоетанолу. Технології одержання біоетанолу з різних типів сировини. Продукенти біоетанолу. Відходи виробництва біоетанолу та їхня утилізація.

Характеристика паливних гранул, сировина, переваги та недоліки використання паливних гранул. Технологія виробництва деревних паливних гранул та агропелет.

Хімічні процеси (автотермічні, алотермічні) при газифікації біомаси. Конструкції апаратів для газифікації. Проблеми, що супроводжують експлуатацію газогенераторної установки. Піроліз біомаси, хімізм процесу, продукти та відходи.

ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДКР

Варіант 1.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання брикетів з некондиційної деревини з вологістю 40%.

2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи пшениці* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,83	38,02	4,81	0,04	36,8	0,46	10,04	100
Сухий								
Сухий беззольний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 2.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання паливних гранул з відходів деревообробки.

2. Розрахувати нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) *гранул соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,83	38,02	4,81	0,04	36,8	0,46	10,04	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 3.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біодизельного палива з ріпакової олії з кислотним числом більше 2.

2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи тритикале*, за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	6,73	40,99	4,87	0,07	39,11	0,51	7,72	100
Сухий								
Сухий беззольний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 4.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біогазу з бурякового жому.

2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан *брикетів соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	8,83	39,02	4,81	0,04	36,8	0,48	10,02	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 5.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біодизельного палива з соняшникової олії з кислотним числом менше 2.

2. Розрахувати нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) *брикетів соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %	
-------------	---------------------	--

	W	C	H	S	O	N	A	Всього, %
Робочий	8,83	39,02	4,81	0,04	36,8	0,48	10,02	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 6.

1. Накреслити і описати технологічну отримання біобутанолу з цукровмісної сировини.
2. Розрахувати нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) *пелетів деревини* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	7,51	47,08	5,44	0,03	37,46	0,1	2,38	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 7.

1. Накреслити і описати технологічну схему очищення біогазу до норм подачі в газомережу.
2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *січки місканту* за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	10,51	39,5	5,92	0,05	38,01	1,07	4,94	100
Сухий								
Сухий беззольний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 8.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання етилового спирту з целюлози.
2. Розрахувати *нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E)* січки місканту за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,51	40,5	5,92	0,05	38,01	1,07	4,94	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 9.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання етилового спирту з цукровмісної сировини.
2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *січки місканту* за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,51	40,5	5,92	0,05	38,01	1,07	4,94	100
Сухий								
Сухий беззольний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 10.

1. Накреслити і описати технологічну схему процесу отримання біогазу з відходів тваринницького комплексу та силосованої біомаси кукурудзи.
2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *січки місканту* за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,51	40,5	5,92	0,05	38,01	1,07	4,94	100
Сухий								
Сухий беззольний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 11.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання і очищення звалищного газу з полігонів ТПВ до норм подачі в газотранспортну мережу.

2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *січки місканту* за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,51	40,5	5,92	0,05	38,01	1,07	4,94	100
Сухий								
Сухий беззольний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 12.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біогазу з відходів комплексу по утриманню ВРХ

2. Розрахувати нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) *соломи тритікале*, за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	6,73	40,99	4,87	0,07	39,11	0,51	7,72	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 13.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання етилового спирту з целюлози

2. Розрахувати нижчу теплоту згоряння та тепловий еквівалент (E) *січки з щавнату* умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,21	42,82	4,87	0,04	37,11	1,01	4,94	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 14.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біодизельного палива з відпрацьованих і некондиційних олій.

2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи жита* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	7,52	43,38	5,2	0,11	39,04	0,37	4,38	100
Сухий								
Органічна								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 15.

1. Накреслити і описати технологічну схему одержання біодизеля з тваринних жирів.

2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи жита* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	7,52	43,38	5,2	0,11	39,04	0,37	4,38	100
Сухий								
Органічна								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 16.

1. Накреслити і описати технологічну схему виробництва паливних гранул з агросировини.
2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи пшениці* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,83	38,02	4,81	0,04	36,8	0,46	10,04	100
Сухий								
Органічна								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 17.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання паливних гранул з відходів деревообробки.
2. Розрахувати *нижчу теплоту згоряння* та *тепловий еквівалент (E)* соломи місканту за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	9,83	38,02	4,81	0,04	36,8	0,46	10,04	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 18.

1. Накреслити технологічну схему отримання біодизельного палива з насіння ріпаку.
2. Розрахувати сухий та сухий беззольний стан палива *соломи тритікале*, за умови

Стан палива	Елементний склад палива, %							Всього
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	6,73	40,99	4,87	0,07	39,11	0,51	7,72	100
Сухий								
Сухий беззольний								

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 19.

1. Накреслити і описати технологічну схему отримання біоетанолу з крохмалевмісної сировини (сухий помол).
2. Розрахувати *нижчу теплоту згоряння* та *тепловий еквівалент (E)* *брикетів соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	8,83	39,02	4,81	0,04	36,8	0,48	10,02	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Варіант 20.

1. Накреслити і описати технологічну схему процесу отримання біогазу з відходів тваринницького комплексу та силосованої біомаси кукурудзи.
2. Розрахувати *нижчу теплоту згоряння* та *тепловий еквівалент (E)* *брикетів соломи* за умови:

Стан палива	Елементний склад, %							Всього, %
	W	C	H	S	O	N	A	
Робочий	8,83	39,02	4,81	0,04	36,8	0,48	10,02	100

3. Розрахувати основні параметри біогазової установки за умовами варіанту з додатку 3.

Розрахувати основні параметри технологічних ліній для метанового зброджування

Варіанти

№ за списком групи	Вид тварин	Кількість голів	Вміст сухих речовин в біомасі, %	Режим зброджування	Шар теплоізоляції метантенку, см
1.	Дійні корови	1000	5	Термофільний	10
2.	Телята (до 6 місяців)	2000	6	Мезофільний	9
3.	Телята на відгодівлі (6-12 місяців)	3000	5	Термофільний	8
4.	Нетелі (12-18 місяців)	1500	6	Мезофільний	10
5.	Свині	2000	7	Термофільний	9
6.	Дійні корови	3000	8	Мезофільний	8
7.	Дійні корови	3500	5	Термофільний	10
8.	Дійні корови	2000	6	Мезофільний	9
9.	Телята (до 6 місяців)	1000	5	Термофільний	8
10.	Телята на відгодівлі (6-12 місяців)	1000	6	Мезофільний	10
11.	Нетелі (12-18 місяців)	1500	7	Термофільний	9
12.	Свині	1000	8	Мезофільний	8
13.	Свині	1500	5	Термофільний	10
14.	Свині	1200	6	Мезофільний	9
15.	Дійні корови	5000	5	Термофільний	8

16.	Телята (до 6 місяців)	1000	6	Мезофільний	10
17.	Телята на відгодівлі (6-12 місяців)	2000	7	Термофільний	9
18.	Нетелі (12-18 місяців)	3000	8	Мезофільний	8
19.	Свині	150	5	Термофільний	10
20.	Телята (до 6 місяців)	2500	6	Мезофільний	9

Перелік теоретичних питань, які виносяться на контрольні роботи:**Контрольна робота №1**

Вступ. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та в Україні, зокрема.

Можливі сценарії подальшого розвитку цивілізації. Стан та перспективи розвитку біоенергетики у світі та Україні.

Ключові бар'єри до розвитку ВДЕ та рекомендації щодо їх усунення

Законодавчі та економічні аспекти розвитку біоенергетики у світі.

Політика країн світових лідерів щодо стимуляції використання енергії біомаси. Законодавча база біоенергетичної галузі в Україні (Закон України Про альтернативні види палива, Енергетичну стратегію України на період до 2030 р., Закон України Про альтернативні види палива. Структура єдиного біоенергетичного простору України.

Гармонізація українського законодавства з європейським в питаннях біоенергетики

Загальна характеристика біомаси та біопалива.

Класифікація енергетичної сировини. Основні деревні енергетичні рослини європейської зони. Поняття про ліси швидкої ротації (SRF). Аналіз переваг та недоліків біомаси як палива. Елементний склад біопалива. Характеристики біопалива (нижча і вища теплота згоряння палива, температура плавлення золи)

Залежність нижчої теплоти згоряння від вологості біомаси.

Технологія виробництва паливних гранул.

Характеристика паливних гранул, сировина, переваги та недоліки використання паливних гранул. Технологія виробництва деревних паливних гранул та агропелет.

Експериментальні дослідження процесу виготовлення пелет з рослинних відходів.

Пряме спалювання твердого біопалива.

Основні види та характеристики твердого біопалива з рослинних відходів. Пряме спалювання. Обладнання для спалювання.

Українські виробники обладнання для спалювання біомаси.

Газифікація та піроліз біомаси.

Хімічні процеси (автотермічні, алотермічні) при газифікації біомаси. Конструкції апаратів для газифікації. Проблеми, що супроводжують експлуатацію газогенераторної установки. Піроліз біомаси, хімізм процесу, продукти та відходи.

Історія розвитку методів газифікації та піролізу деревної біомаси.

Очищення продуктів згорання.

Утилізація та системи очищення продуктів згорання. Системи конденсації продуктів згорання. Утилізація золи.

ГДК складових золи.

Рідке біопаливо.

Стан та перспективи розвитку виробництва рідкого біопалива в Україні. Види рідкого біопалива та його використання. Промислове виробництво біопалива з рослинних відходів в Україні.

порівняльна характеристика рідкого біопалива.

Біодизель як вид рідкого біопалива.

Характеристика біодизеля. Технології виробництва біодизеля. Відходи виробництва біодизеля та їх утилізація. Переваги, недоліки біодизеля, перспективи та питання

охорони довкілля

Безкаталізаторна технологія виробництва біодизеля.

Біоетанол як вид рідкого біопалива.

Характеристика біоетанолу. Технології одержання біоетанолу з різних типів сировини. Продукенти біоетанолу. Відходи виробництва біоетанолу та їхня утилізація.

Методи аналізу якості біоетанолу.

Контрольна робота №2

Біобутанол як вид рідкого біопалива.

Характеристика біобутанолу. Ацетоно-бутилове бродіння. Продукенти біобутанолу. Технології одержання біобутанолу з різних типів сировини. Переробка барди ацетоно-бутилового виробництва. Утилізація газів бродіння.

Характеристика *Clostridia acetobutylicum*.

Перспективні рідкі біопалива.

Біонафта, біобензин, біометанол – стан і перспективи, характеристика, сировина, технології отримання, переваги та недоліки.

Сировина для отримання біонафти.

Основні види газоподібного біопалива, характеристика процесу метанового зброджування.

Різновиди газоподібного біопалива (синтез-газ, генераторний газ, біогаз, біоводень) та їхня характеристика. Мікробіологічні та біохімічні основи метанового зброджування. Фактори впливу на метанове бродіння.

Механізм утворення метану з ацетату.

Біогаз як газоподібне біопаливо.

Загальна характеристика біогазу. Особливості анаеробного процесу бродіння в біогазових установках. Будова газгольдерів. Конструкції біогазових установок.

Когенераційні установки.

Технологічні параметри метанового бродіння

Температура, перемішування, режим роботи, тривалість перебування та навантаження за сухою органічною речовиною.

Методика визначення показника FOS/TAC.

Очищення біогазу від домішок

Технології очищення біогазу від домішок твердих частинок, H₂S, CO₂, H₂O, силоксанів. Переваги та недоліки технологій очищення біогазу від домішок. Підготовка біогазу до кондицій природного газу. Шлях до анаеробіозу.

Утилізація дигестату анаеробної ферментації.

Воднева енергетика

Сучасний стан водневої енергетики. Біоводень як перспективний вид біопалива. Класифікація та характеристика біотехнологій продукування біоводню за способом трансформації енергії.

Способи зберігання водню.

Біопаливо з мікроводоростей

Переваги та недоліки мікроводоростей як енергетичних культур. Конструкції фотобіореакторів. Сучасні досягнення в галузі отримання біопалива з мікроводоростей.

Вплив абіотичних факторів на синтез ліпідів мікроводоростями.