

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до самостійного вивчення
навчальної дисципліни

«БІОЕНЕРГЕТИКА»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
освітня програма «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

Методичні рекомендації до самостійного вивчення навчальної дисципліни «Біоенергетика» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : О. В. Сенецький, Я. Б. Форкун. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 22 с.

Укладачі: д-р техн. наук, ст. наук. співр. О. В. Сенецький,
канд. техн. наук, доц. Я. Б. Форкун

Рецензент

О. Б. Єгоров, кандидат технічних наук, доцент кафедри альтернативної електроенергетики та електротехніки Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою альтернативної електроенергетики та електротехніки, протокол № 13 від 29 червня 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРА....	6
2 МОДУЛЬ «БІОЕНЕРГЕТИКА».....	8
Змістовий модуль 1 Основні засади енергетики на нетрадиційних видах палива.....	9
Контрольні запитання.....	10
Змістовий модуль 2 Використання вторинних енергоресурсів різного потенціалу.....	11
Контрольні запитання.....	12
Змістовий модуль 3 Установки з переробки промислових та побутових твердих відходів, біомаси рослинного походження.....	13
Контрольні запитання.....	14
3 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ МОДУЛЯ «БІОЕНЕРГЕТИКА».....	15
4 ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ.....	17
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	20

ВСТУП

Вдосконалення якості підготовки здобувачів вищої освіти безпосередньо пов'язане з підвищенням зацікавленості студентів щодо самостійної роботи протягом навчання. Необхідно зазначити, що роль самостійної роботи студентів, обсяг якої становить орієнтовно 60 % від загального обсягу необхідних для вивчення дисципліни годин, істотно зросла у зв'язку із долученням України до Болонського процесу й переходом на кредитно-модульну систему освіти. Крім того, під час використання дистанційної форми навчання збільшується необхідність постійного аналізу організації самостійної роботи здобувачів вищої освіти, її форм та методів, ефективності реалізації.

Дисципліна «Біоенергетика» є однією зі складових загального комплексу формування знань та навичок студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньої програми «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії» (далі – НВДЕ) з точки зору розуміння наявних підходів інтеграції альтернативної енергетики до повсякдення людини. Студенти освітньої програми НВДЕ вивчають дисципліну «Біоенергетика» протягом одного семестру (один модуль).

Навчальними планами для освітньої програми НВДЕ не передбачено виконання розрахункової частини, тобто розрахунково-графічної або курсової роботи, але протягом вивчення курсу на практичних заняттях студенти знайомляться з особливостями побудови та розрахунку апаратів, призначених для спалювання біологічних відходів життєдіяльності.

Ці методичні рекомендації підготовлені на основі робочої програми дисципліни «Біоенергетика» зазначеної освітньої програми і дозволяють ще більшою мірою інтенсифікувати навчальний процес із урахуванням сучасних тенденцій становлення й розвитку вищої освіти, для якої властиве підвищення значущості такої форми навчання, як самостійна робота студентів.

Відповідно до навчальних планів 2023–2024 н. р. розподіл загального обсягу навчальної роботи для студентів денної форми навчання наведено у

таблиці 1. Однак необхідно зазначити, що надалі можливі деяке змінювання вказаних у таблицях цифр, про що викладач повідомляє студентам у робочому порядку.

Таблиця 1 – Розподіл обсягу навчальної роботи студента

Освітні програми	Всього кредитів / годин	Семестри	Години				
			Аудиторні	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Самостійна робота, у тому числі диференційований залік (далі – ДЗ)
Денна форма навчання							
НВДЕ	4 / 120	3 (1)	48	32	16	–	72 (30)

1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРА

Метою викладання навчальної дисципліни «Біоенергетика» є вивчення існуючих підходів до перетворення первинної енергії з біомаси в енергію високої якості (теплоту та механічну роботу), використання відновлювальних паливних ресурсів в системах тепло-, холодо- та електропостачання об'єктів різного призначення, ознайомлення з принципом побудови й роботи когенераційних та тригенераційних установок на біопаливі; засвоєння фундаментальних знань, що є необхідною базою для подальшого вивчення різних дисциплін теплоенергетичного напрямку, та застосування цих знань при виконанні виробничих завдань.

Вивчення цієї дисципліни базується на таких дисциплінах: «Загальна фізика», «Вища математика», «Термодинаміка та тепломасообмін в установках альтернативної енергетики». У свою чергу, відповідно до структурно-логічної схеми у формі графа, що представлена у вказаних вище освітньо-професійних програмах, дисципліна передує дисциплінам «Сонячна теплоенергетика», «Вітроенергетика» тощо.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

– *знати і розуміти* фізичні аспекти використання енергії відновлювальних паливних ресурсів, фізичні основи перетворення енергії біопалива в енергію високої якості; способи спалювання біопалива для отримання теплової та електричної енергії, принцип побудови теплових схем біоенергетичних установок та їх основні характеристики; конструкцію, принцип дії та особливості експлуатації установок на біогазі й твердому паливі та уміти використовувати їх для вирішення практичних задач у професійній діяльності;

– *вміти* проводити вибір і розрахунок з оцінювання потенціалу енергозбереження та економічний ефект на об'єкті дослідження після застосування й впровадження біоенергетичних установок;

– *знати* основні закони та підходи до вибору необхідного обладнання для біоенергетичних установок різного призначення;

– *вміти* проводити чисельний розрахунок технологічних схем переробки відновлювальних паливних ресурсів і обирати відповідне обладнання;

– *проводити* розрахунки щодо режимів роботи біоенергетичних установок різного типу, визначати склад обладнання та його параметри;

– *мати певні компетентності*, а саме: здатність розв’язувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та теплотехніки, здатність вирішувати комплексні спеціалізовані завдання й практичні проблеми, пов’язані з роботою енергетичних систем та мереж, теплової частини генеруючих підприємств.

Дисципліна «Біоенергетика» належить до обов’язкової частини чинної освітньо-професійної програми «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії» спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, затверджених у 2021 році, і викладається у третьому або першому (для студентів прискореної форми навчання) семестрах.

Обсяг дисципліни «Воднева енергетика», яка складається з одного модуля, становить 4 кредити ЄКТС (120 годин).

МОДУЛЬ 1 БІОЕНЕРГЕТИКА

Модуль містить три змістові модулі (далі – ЗМ):

– ЗМ 1 Основні засади енергетики на нетрадиційних видах палива;

– ЗМ 2 Використання вторинних енергоресурсів різного потенціалу;

– ЗМ 3 Установки з переробки промислових та побутових твердих відходів, біомаси рослинного походження.

Кожний змістовий модуль містить декілька тем. Нумерація тем в межах модуля наскрізна, як і в робочій програмі дисципліни.

Упродовж вивчення модуля передбачаються лекції (2 години на тиждень); 1 година на тиждень практичних занять (далі – ПЗ); самостійна робота (76 годин на семестр, що містить 15 тижнів). Форма підсумкового контролю – диференційований залік.

Таблиця 2 – Структура модуля і розподіл часу

Змістові модулі	Кількість годин				
	усього	лекції	практичні заняття	лабораторні заняття	самостійна робота
МОДУЛЬ 1 (семестр 3 (1))	120	32	16	–	72
Змістовий модуль 1	30	10	4	–	16
Змістовий модуль 2	30	10	6	–	14
Змістовий модуль 3	45	12	6	–	27
Підсумковий контроль	15	–	–	–	15

Змістовий модуль 1 Основні засади енергетики на нетрадиційних видах палива

У ЗМ 1 передбачено вивчення трьох тем.

Тема 1 «Основні поняття та визначення у біоенергетиці. Загальна класифікація біопалив» розглядає наступні питання (3 години лекцій):

- поняття біоенергетики;
- класифікація видів біопалива за агрегатним станом;
- сировинна база виробництва біопалива, види біопалива;
- вплив на біологічну сировину при виробництві біопалива.

Тема 2 «Різновиди твердих та рідких біопалив» містить такі питання (3 години лекцій):

- тверді біопалива з сировини рослинного, тваринного та мікробного походження;
- виробництво рідких біопалив із сировини рослинного походження (біоетанол, біобутанол, рослинні масла, біонафта, біодизель, біобензин);
- виробництво рідких біопалив із сировини тваринного походження;
- виробництво рідких біопалив із сировини мікробного походження, з вуглекислого газу та води.

Тема 3 «Різновиди газоподібних біопалив» (4 години лекцій):

- біогаз (біометан, диметиловий ефір, біоводень);
- газоподібні палива з сировини рослинного, тваринного та мікробного походження;
- газоподібні палива з відходів життєдіяльності людей;
- отримання біоводню з води.

Після вивчення матеріалу ЗМ 1 студент повинен відповідати на наведені нижче контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте поняття біопалива; побудуйте структуру розподілу сировинних джерел рослинного походження.
2. Поясніть, які існують переваги і недоліки використання сировини біологічного походження в якості паливних ресурсів?
3. Надайте загальне поняття теплоти згорання деревної біомаси.
4. Охарактеризуйте поняття біомаси, первинної та вторинної. Надайте класифікацію твердих біопалив.
5. Розкажіть про прийоми впливу на біологічну сировину при виробництві біопалива.
6. Надайте класифікацію твердих біопалив.
7. Надайте класифікацію рідких біопалив.
8. Надайте класифікацію газоподібних біопалив.
9. Охарактеризуйте особливості отримання пелет (гранул) з сировини рослинного походження.
10. Надайте поняття «біогаз», «метанове бродіння», перерахуйте можливі сировинні джерела для отримання біогазу.
11. Охарактеризуйте послідовність протікання біохімічних процесів при отриманні біогазу, перерахуйте основні компоненти біогазу.
12. Які фактори впливають на процес бродіння субстрату (температура, вміст кислот і рН середовища, інгібітори, живильне середовище, склад газу)?
13. Як впливає на процес бродіння концентрація твердих частинок, їх розмір та інтенсивність перемішування субстрату?
14. Як здійснюється процес завантаження робочого простору метантанк (реактора)?
15. Що таке технологічний час бродіння?
16. Охарактеризуйте продукти зброджування – газ та зброджений субстрат.
17. Поясніть принцип побудови та роботи металевого реактору.
18. Поясніть принцип побудови та роботи реактору у вигляді ями.

Змістовий модуль 2 Використання вторинних енергоресурсів різного потенціалу

У ЗМ 2 передбачено вивчення двох тем.

Тема 4 «Продукти життєдіяльності людини» розглядає наступні питання (5 годин лекцій):

- склад твердих побутових відходів (далі – ТПВ);
- фізико-хімічні та теплотехнічні властивості й енергетичний потенціал ТПВ;
- міські стічні води потенціал їх використання для енергетичних цілей.

Тема 5 «Потенційні джерела отримання біопалива» розглядає наступні питання (5 годин лекцій):

- відходи тваринництва;
- рослинні залишки;
- промислові відходи;
- продукти лісопереробки;
- терикони вугільних шахт.

Після вивчення матеріалу ЗМ 2 студент повинен відповідати на наведені нижче контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте використання твердих міських відходів в енергетичних цілях.
2. Які існують основні методи переробки ТПВ. Надайте їх коротку характеристику.
3. Які існують особливості використання міських стічних вод в енергетичних цілях?
4. Поясніть складання теплового балансу котельного агрегату.
5. Надайте класифікацію відомих сировинних джерел біопалива. Поясніть принцип їх розподілу.
6. Надайте класифікацію біоенергетичних установок для отримання біогазу.
7. Надайте поняття екрану, пароперегрівача, економайзера, підігрівача повітря. Роз'яснить, в якій частині котельного агрегату вони знаходяться.
8. Дати поняття поверхні нагрівання. Роз'яснить, на які групи вони поділяються.
9. Які існують основні показники топкового пристрою?
10. Приведіть вимоги, що пред'являють до топкових пристроїв котлів і роз'яснить їх.
11. Які існують способи спалювання твердого палива? Дайте їм коротку характеристику.
12. Яка існує класифікація шарових топков?
13. Чому дорівнює температура відхідних газів енергогенеруючих установок?
14. Яким чином здійснюють вибір способу спалювання біопалива при виробництві теплової та електричної енергії?

Змістовий модуль 3 Установки з переробки промислових та побутових твердих відходів, біомаси рослинного походження

У ЗМ 3 передбачено вивчення трьох тем.

Тема 6 «Деревинна біомаса» розглядає наступні питання (4 години лекцій):

– основні фізико-хімічні та теплотехнічні властивості деревинної біомаси.

Особливості спалювання деревинної біомаси;

– шаровий, циклонний, вихровий та факельний способи спалювання деревинного палива;

– котельні агрегати та їх допоміжне устаткування для спалювання деревини;

– підготовка деревинного палива до спалювання;

– склади для зберігання деревинного біопалива;

– врахування витрат палива;

– економічна доцільність використання відходів деревини у енергетичних цілях.

Тема 7 «Отримання біогазу» розглядає наступні питання (4 години лекцій):

– особливості процесу отримання біогазу;

– фактори, що впливають на біохімічний процес отримання біогазу;

– потенціал отримання біогазу та продукти бродіння в залежності від вихідного матеріалу;

– технологічні схеми біогазових установок;

– основні споживачі енергії у циклі. Акумуляування біогазу;

– очищення біогазу перед використанням;

– економічна доцільність використання біогазу в енергетичних цілях.

Тема 8 «Енергогенеруючі установки на відновлювальних паливних ресурсах» розглядає наступні питання (4 години лекцій):

– термодинамічні цикли біоенергетичних установок;

– двигуни внутрішнього згорання;

– паротурбінні установки;

- вибір параметрів робочого тіла для енергетичної установки;
- виробництво електричної енергії, теплоти, когенерація, тригенерація.

Після вивчення матеріалу ЗМ 1.3 студент повинен відповідати на наведені нижче контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Дати поняття енергетичний ліс. Особливості використання деревини в енергетичних цілях.
2. Поняття «деревна біомаса». Яким чином вона класифікується?
3. Загальні поняття вологості деревини.
4. Класифікація вологості стовбурної деревини.
5. Класифікація вологості кори, гнилої деревини, крони.
6. Загальні поняття зольності деревини.
7. Зольність стовбурної деревини, кори, гнилої деревини, крони.
8. Загальні поняття щільності деревини.
9. Щільність стовбурової деревини і крони.
10. Щільність кори, гнилої деревини.
11. Елементарний склад деревної біомаси з енергетичної точки зору.
12. Елементарний склад стовбурної деревини і кори.
14. Тепло згоряння стовбурної деревини і кори.
15. Загальні поняття калорійного еквівалента деревної біомаси.
16. Коефіцієнт повнодеревності деревної біомаси.
17. Особливості спалювання деревної біомаси.
18. Жаропродуктивність деревного палива.
19. Основні фактори, що визначають ефективність процесу спалювання деревної біомаси. Роз'яснити.

3 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ МОДУЛЯ «БІОЕНЕРГЕТИКА»

Навчальними планами з дисципліни під час вивчення модуля 1 передбачені практичні заняття. У таблиці 3 наведені теми практичних занять і кількість запланованих аудиторних годин.

Таблиця 3 – Теми практичних занять

Тема	Зміст (план)	Кількість ауд. годин
1	2	3
Змістовий модуль 1.1 Основні засади енергетики на нетрадиційних видах палива		
Тема 1 Основні поняття та визначення у біоенергетиці. Загальна класифікація біопалив	Побудова структурних схем класифікації біопалива за агрегатним станом. Формування структури впливу на біологічну сировину при виробництві біопалива з використанням існуючих підходів	1
Тема 2 Різновиди твердих та рідких біопалив	Визначення можливих джерел отримання твердого і рідкого біопалива для подальшого його використання з метою отримання теплової, електричної енергії та механічної роботи	2
Тема 3 Різновиди газоподібних біопалив	Визначення можливих джерел отримання газоподібного біопалива для подальшого його використання з метою отримання теплової, електричної енергії та механічної роботи	1

Продовження таблиці

1	2	3
Змістовий модуль 1.2 Використання вторинних енергоресурсів різного потенціалу		
Тема 4 Продукти життєдіяльності людини	Визначення компонентного складу ТПВ та його фізикохімічних та теплотехнічних властивостей і енергетичного потенціалу	3
Тема 5 Потенційні джерела отримання біопалива	Визначення компонентного складу відходів тваринництва, рослинних залишків, продуктів лісопереробки	3
Змістовий модуль 1.3 Установки з переробки промислових та побутових твердих відходів, біомаси рослинного походження		
Тема 6 Деревинна біомаса	Проведення розрахункових досліджень та аналізу отриманих результатів з визначення фізикохімічних та теплотехнічних властивостей деревинної біомаси, як основного джерела біоенергетичних ресурсів. Побудова повного ланцюга використання деревинної біомаси. Визначення економічної доцільності використання відходів деревини у енергетичних цілях	2
Тема 7 Отримання біогазу	Оцінка потенціалу отримання біогазу та продукти бродіння залежно від вихідного матеріалу	2
Тема 8 Енергогенеруючі установки на відновлювальних паливних ресурсах	Побудова термодинамічних циклів біоенергетичних установок. Визначення теплових потоків теплових машин при виробництві теплової, електричної енергії, механічної роботи та холоду	2

4 ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

При проведенні контролю якості отриманих знань у межах модуля передбачено:

- усне та письмове опитування під час проведення практичних занять на основі контрольних запитань;
- тестування за матеріалом кожного змістовного модуля;
- виконання письмових індивідуальних завдань (далі – ІЗ) за матеріалом кожного змістового модуля;
- підсумковий контроль у вигляді диференційованого заліку, що проводиться у письмовій формі та забезпечений комплектами екзаменаційних білетів (30 од.).

У таблиці 4 подано структуру навчальної дисципліни і розподіл балів.

Таблиця 4 – Структура навчальної дисципліни і розподіл балів

Змістові модулі	Максимальна кількість балів				
	усього	практ.	лаб.	сам. робота	
				завдання	модульний контроль
МОДУЛЬ 1 (семестр 1 (3))	100				
Змістовий модуль 1	20	7	–	5	8
Змістовий модуль 2	25	10	–	7	8
Змістовий модуль 3	25	10	–	7	8
Підсумковий контроль	30	–	–	–	–

У таблиці 5 наведені види завдань, засоби контролю і максимальна кількість балів.

Таблиця 5 – Види завдань, засоби контролю і максимальна кількість балів

Види завдань та засоби контролю	Розподіл балів
1	2
Модуль Біоенергетика	
Змістовий модуль 1	20
Практичне завдання № 1 Поняття і визначення біоенергетики. Усне опитування	3
Практичне завдання № 2 Види біопалива та джерела їх отримання. Усне опитування	4
Завдання до самостійної роботи ЗМ1 Оформлення звіту за темами ПЗ	5
Модульний контроль за ЗМ1 Виконання письмового ІЗ. Тестування	8
Змістовий модуль 2	25
Практичне завдання № 3 Джерела отримання біогазу та структурні схеми біогазових установок. Письмове опитування	4
Практичне завдання № 4 Тверді побутові відходи, їх склад енергетична цінність. Усне опитування	3
Практичне завдання № 5 Енергетичний потенціал біологічних відходів. Усне опитування	3
Завдання до самостійної роботи ЗМ2 Оформлення звіту за темами ПЗ	7
Модульний контроль за ЗМ2 Виконання письмового ІЗ. Тестування	8
Змістовий модуль 3	25
Практичне завдання № 6 Фізико-хімічні та теплотворні властивості деревинної біомаси як основного джерела біоенергетичних ресурсів. Усне опитування	3
Практичне завдання № 7 Побудова термодинамічних циклів біоенергетичних установок. Письмове опитування.	3
Практичне завдання № 8 Визначення теплових потоків теплових машин при виробництві теплової, електричної енергії, механічної роботи та холоду	4

Продовження таблиці 3

1	2
Завдання до самостійної роботи ЗМЗ Оформлення звіту за темами ПЗ	7
Модульний контроль за ЗМЗ Виконання письмового ІЗ. Тестування	8
Підсумковий контроль – диференційований залік	30
Теоретичне питання 1	10
Теоретичне питання 2	10
Теоретичне питання 3	10
ВСЬОГО ЗА МОДУЛЕМ	100

У таблиці 6 наведена шкала оцінювання знань студентів за національною шкалою відповідно до системи ЄКТС.

Таблиця 6 – Шкала оцінювання знань студентів

100-бальна шкала	Рівень компетентності	Чотирибальна шкала
		диференційований залік
90–100	високий	відмінно
82–89	достатній	добре
74–81		
64–3	середній	задовільно
60–63		
35–59	низький	незадовільно

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савуляк В. І. Технічне забезпечення: збирання, перевезення та підготовка до переробки твердих побутових відходів / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 218 с.
2. Брич В. Стратегія управління підприємством з виробництва біопалива / В. Брич, Н. Галиш, О. Борисяк. – Тернопіль : ВПЦ «Економічна думка ТНЕУ», 2020. – 224 с.
3. Тормосов Р. Ю. Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення : практ. посіб. / Р. Ю. Тормосов. – Київ : ТОВ «Поліграф плюс», 2015. – 208 с.
4. Климчук О. В. Розвиток та регулювання конкурентоспроможного виробництва біопалив : монографія / О. В. Климчук. – Вінниця : ФОП Рогальська І. О., 2017. – 372 с.
5. Будько М. О. Біоенергетика. Курс лекцій. Частина 1 [Електрон. ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / М. О. Будько ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 109 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45609/1/Bioenerhetyka.pdf>, вільний (дата звернення: 24.08.2023). – Назва з екрана.
6. Маляренко В. А. Тепломасообмін в об'єктах альтернативної енергетики / В. А. Маляренко, О. В. Сенецький ; Харків. нац. ун-т міськ. гоп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 311 с.
7. Екотехніка. Біопаливо [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. дані – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://ecotechnica.com.ua/tag/biotoplivo.html>, вільний (дата звернення: 21.08.2023). – Назва з екрана.
8. Відновлювальна енергетика [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. дані – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <http://www.renewable.com.ua/>, вільний (дата звернення: 21.08.2023). – Назва з екрана.

9. Біопаливо [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org>, вільний (дата звернення: 21.08.2023). – Назва з екрана.

10. Біомаса: паливо та енергія [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. дані – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <http://www.biotoplivo.com>, вільний (дата звернення: 21.08.2023). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації

до самостійного вивчення
навчальної дисципліни

«БІОЕНЕРГЕТИКА»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання зі спеціальності*

*141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
освітня програма «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії»)*

Укладачі : **СЕНЕЦЬКИЙ** Олександр Володимирович,
ФОРКУН Яна Борисівна

Відповідальний за випуск *Я. Б. Форкун*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *Я. Б. Форкун*

План 2021, поз. 264М

Підп. до друку 25.08.2023. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 1,2.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.