

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА ТА БІОКОНВЕРСІЯ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 101 – «ЕКОЛОГІЯ»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ ПІДГОТОВКИ
«ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОЕНЕРГЕТИКА»
ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ РІВЕНЬ «МАГІСТР»

КРЕМЕНЧУК 2018

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Альтернативна енергетика та біоконверсія» для студентів денної форми навчання зі спеціальності 101 – «Екологія» освітньо-професійної програми підготовки «Екологічна біотехнологія та біоенергетика». Освітньо-кваліфікаційний рівень «Магістр»

Укладач к. х. н., доц. О. В. Новохатько

Рецензент к. т. н., доц. О. В. Мазницька

Кафедра біотехнологій та біоінженерії

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № _____ від _____

Голова методичної ради _____ проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Перелік практичних занять	6
Практичне заняття № 1 Конструктивні особливості біогазових установок	6
Практичне заняття № 2 Шляхи підвищення ефективності роботи біогазових реакторів.....	7
Практичне заняття № 3 Розрахунок вартості олії гарячого віджимання для використання у виробництві дизельного біопалива.....	8
Практичне заняття № 4 Розрахунок техніко-економічних показників виробництва біоетанолу та визначення обсягів сировини й необхідної площі для повного заміщення бензину, що споживається в аграрному виробництві	12
Практичне заняття № 5 Розрахунок економічної ефективності заміщення бензину біоетанолом	15
Практичне заняття № 6 Розрахунок основних технологічних параметрів біогазової установки для зброджування гною.....	19
2 Питання до іспиту з навчальної дисципліни.....	22
3 Критерії оцінювання знань студентів.....	25
Список літератури.....	27

ВСТУП

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Альтернативна енергетика та біоконверсія» укладені для оптимізації підготовки студентів, які навчаються за спеціальністю 101 – «Екологія» освітньо-професійної програми підготовки «Екологічна біотехнологія та біоенергетика».

Метою викладання навчальної дисципліни «Альтернативна енергетика та біоконверсія» є забезпечення майбутнього спеціаліста необхідним обсягом знань, засвоєння теоретичних засад і формування відповідних практичних навичок щодо процесів акумулювання сонячної енергії, технологій виробництва та використання в сільському господарстві різних видів біопалив, методи визначення техніко-економічної та екологічної ефективності джерел енергії, які одержують унаслідок біотехнологічних процесів.

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Альтернативна енергетика та біоконверсія» є сукупність теоретичних, методичних і практичних питань вивчення природоохоронної біотехнології, пов'язаних з ефективним використанням енергії фотосинтезу, особливостями технологічних процесів одержання біоетанолу, біодизелю та біогазу як головних енергетичних продуктів альтернативної та поновлювальної енергетики, біотехнологічними процесами одержання водню; технологічних засад одержання біопрепаратів на основі мікроорганізмів для інтенсифікації біоенергетичних процесів і проблема безпеки біоенерготехнологій.

Після вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- стан і перспективи розвитку альтернативних джерел енергії та біоконверсії;
- політику уряду України в галузі нетрадиційної енергетики;
- нормативно-правові засади стандартизації, сертифікації, метрології та управління якістю біотехнологічної продукції;

– можливості застосування біомаси, твердих побутових відходів, побутових і промислових стічних вод як енергетичного палива;

вміти:

– використовувати набуті знання в практичній діяльності;

– користуватися нормативною базою;

– аналізувати та оцінювати перспективи використання альтернативних джерел енергії та біоконверсії;

– визначати ступінь, ризику використання альтернативних джерел енергії та біоконверсії;

– приймати екологічно безпечні та економічно доцільні рішення;

– обґрунтовувати шляхи озв'язання екологічних проблем;

1 ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття № 1

Тема. Конструктивні особливості біогазових установок

Мета: вивчити форми планування, проаналізувати систему методології планування, розглянути методи розробки планів.

Короткі теоретичні відомості

Резервуар біогазової установки є її основною частиною і вимоги до нього досить високі. До основних вимог відносять: гідравлічні, технологічні, теплотехнічні, економічні та естетичні.

За формою резервуари бувають:

- яйцеподібні;
- циліндричні;
- кулеподібні;
- з конусом доверху; донизу; з обох боків;
- у вигляді траншеї;
- кубічні;
- еластичні.

Найоптимальнішими за своїми гідравлічними та експлуатаційними характеристикам є яйцеподібні резервуари, а також резервуари з конусами та циліндричні резервуари. Ці форми дозволять зменшити гідравлічний опір під час перемішування субстрату, уникнути застійних зон завдяки відсутності кутків, локалізувати місця збирання шламу та біогазу. Основним матеріалом для виробництва резервуарів є бетон і полімерні матеріали.

За конструктивними особливостям біогазові установки поділяють на одно- та багатореакторні. Багатореакторні установки дозволяють досягти безперервного циклу бродіння та мають велику продуктивність, що дозволяє забезпечити потреби великого господарства біогазом.

Завдання до теми

Обговорення теоретичних питань

1. Будова резервуару біогазових установок.
2. Теплова ізоляція стінок реактора.
3. Системи теплогазопостачання комплексу біогазової установки.
4. Газгольдери систем біоконверсії.

Контрольні питання

1. Назвіть основні матеріали, з яких будують резервуари біореакторів.
2. Які способи утеплення стінок реактора ви знаєте?
3. Які нагрівальні елементи використовують у системах біоконверсії?
4. Що таке малий і великий контур циркуляції теплоносія?
5. Які основні типи газгольдерів використовують на практиці?
8. Як тиск впливає на процес бродіння?

Література: [1, с. 20–29]

Практичне заняття № 2

Тема. Шляхи підвищення ефективності роботи біогазових реакторів

Мета: вивчити шляхи підвищення ефективності роботи біогазових реакторів.

Короткі теоретичні відомості

Недоліком відомих типів біогазових реакторів є те, що через недостатнє та нерівномірне прогрівання суміші коливання температур в об'ємі субстрату стають значними. Це порушує технологічні вимоги та зменшує продуктивність щодо виходу біогазу порівняно з теоретичним. Через вертикальний градієнт температур у нижній зоні утворюється холодний малорухомий шар, а верхня зона перегрівається. Також основним недоліком є великі площі теплообмінників, що призводить до значного зростання вартості спорудження реактора.

Процес бродіння протікає у трьох основних температурних режимах:

- психрофільному: температура бродіння 20 °С;
- мезофільному: оптимальна температура 32–33 °С;

– термофільному 52–54 °С.

Будь-які різкі зміни температури впливають дуже негативно на процес. Для кожного режиму зброджування допустимі коливання температур ± 3 °С.

Завдання до теми

Обговорення теоретичних питань

1. Термостабілізація процесу анаеробного бродіння.
2. Барботажна інтенсифікація теплообміну між нагрівником і середовищем.
3. Вібраційна інтенсифікація процесу анаеробного бродіння.

Контрольні питання

- 1 Що таке термостабілізація роботи БГУ?
2. Для чого потрібна інтенсифікація теплообміну між нагрівником і субстратом?
3. Які способи інтенсифікації теплообміну ви знаєте?
4. Назвіть властивості барботажної інтенсифікації.
5. Назвіть властивості вібраційної інтенсифікації.
6. Виконайте порівняльну характеристику способів інтенсифікації теплообміну.
7. Як впливає в'язкість субстрату на теплообмін за вільної конвекції?
8. Як впливає вологість субстрату на теплообмін за вільної конвекції?
9. Яка зона впливу струменів газу під час локального газорідного омивання теплообмінної поверхні?

Література: [1, с. 30–35]

Практичне заняття № 3

Тема. Розрахунок вартості олії гарячого віджимання для використання під час виробництва дизельного біопалива

Мета: Розрахувати вартість олії гарячого віджимання для використання під час виробництва дизельного біопалива.

Короткі теоретичні відомості

Промислова технологія виробництва дизельного біопалива складається з таких основних процесів: естерифікація; розділення на фракції (дизельне біопаливо – легка фракція та гліцериновий осад – важка фракція), відгонки метилового спирту; промивання дизельного біопалива підкисленою водою та його зневоднення.

Для отримання рослинної олії необхідно застосовувати двоступінчате віджимання, причому високоякісну олію першого (холодного) віджимання доцільно використовувати для харчових потреб, а недорогою, порівняно з олією першого (холодного) віджимання, олію другого (гарячого) віджимання – для потреб виробництва дизельного біопалива.

Завдання до теми

Обговорення теоретичних питань

1. Технології виробництва олії та дизельного біопалива.
2. Оцінювання сировинної бази агропромислового виробництва дизельного біопалива з двоступінчатим віджиманням рослинної олії.

Вихідні дані: загальний коефіцієнт виходу олії $k_0 = 30 \%$; коефіцієнт виходу олії першого (холодного) віджимання, $k_{0X} = 10 \%$; ціна олії $C_0 = 16$ грн/кг; ціна олії першого (холодного) віджимання $C_{0X} = 20$ грн/кг. У розрахунках прийняти, що для виробництва дизельного біопалива використовують метилат калію, який є сумішшю метилового спирту і КОН у співвідношенні 10:1. Витрата метилату калію для отримання дизельного біопалива: на один літр рослинної олії – 150 мл метилату калію. Фактична потужність насоса під час закачування в реактор суміші рослинної олії та метилату калію становить 2250 Вт, а фактична потужність насоса під час перемішування суміші – 1890 Вт.

Під час двоступінчатого віджимання коефіцієнт виходу олії другого (гарячого) віджимання $k_{0Г}$ та її гранична ціна $C_{0Г}$ становитимуть:

$$k_{0Г} = k_0 - k_{0X} = 30 - 10 = 20\%.$$

$$C_{ог} = \frac{k_0 C_0 - k_{ох} C_{ох}}{k_0 - k_{ох}} = \frac{30 \cdot 16 - 10 \cdot 20}{30 - 10} = 14 \text{ грн/кг.}$$

Коефіцієнт виходу олії першого (холодного) віджимання, за якого ціна олії другого (гарячого) віджимання матиме нульове значення, становить:

$$k_{ох} = k_0 \frac{C_0}{C_{ох}} = 30 \frac{16}{20} = 24\%.$$

Коли коефіцієнти виходу олії першого (холодного) та другого (гарячого) віджимання однакові і становлять

$$k_{ох} = k_{ог} = \frac{k_0}{2},$$

гранична ціна олії другого (гарячого) віджимання, залежно від ціни олії першого (холодного) віджимання, становитиме:

$$C_{ог} = 2C_0 - C_{ох} = 2 \cdot 16 - 20 = 12 \text{ грн/кг.}$$

Із зміною ціни ціна олії першого (холодного) віджимання в межах від 18 до 26 грн/кг, гранична ціна олії другого (гарячого) віджимання змінюватиметься в межах від 14 до 6 грн/кг (рис. 3.1).

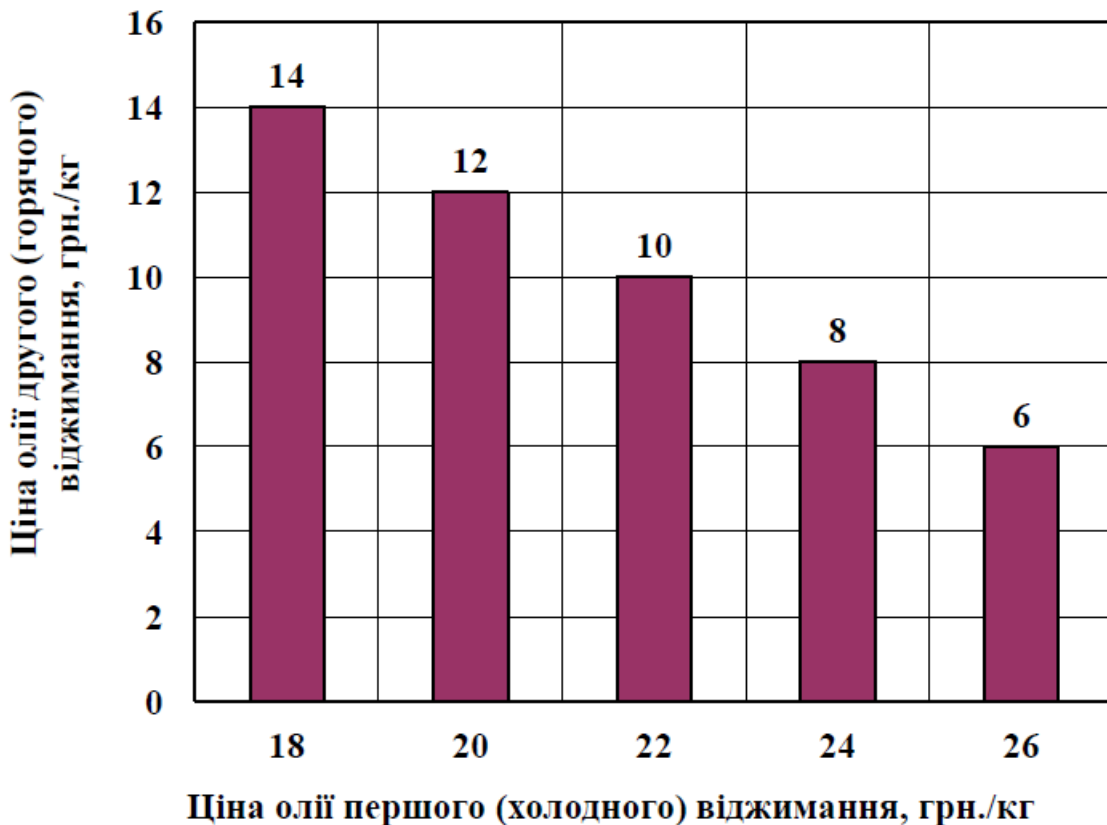


Рис. 3.1 – Залежність ціни олії другого (гарячого) віджимання від ціни олії першого (холодного) віджимання

Для отримання 1000 л рослинної олії необхідно переробити приблизно 3 тонни зерна. Витрата метилату калію – 150 л на 1000 л рослинної олії. Для виготовлення 1 л метилату калію необхідно використати 1 літр метилового спирту та 100 грам КОН. Отже, на 1000 л рослинної олії необхідно 150 л метилового спирту і 15 кг КОН.

Ураховуючи, що із суміші 1000 л рослинної олії та 150 л метилату калію можна отримати 900 л метилового ефіру (дизельного біопалива) та від 150 до 190 л гліцеринового осаду, визначимо коефіцієнт виходу дизельного біопалива за виразом:

$$k_{\text{ДБП}} = \frac{V_{\text{ДБП}}}{V_0} 100\% = \frac{900}{1000} 100\% = 90\%.$$

Знаючи час закачування рослинної олії та метилату калію, який становить 0,2 год.; час перемішування, який становить 0,5 год.; а також час відстоювання після перемішування, який становить 2 год., можна розрахувати продуктивність обладнання для виробництва дизельного біопалива за виразом:

$$Q = \frac{V_0 k_{\text{ДБП}}}{\tau_3 + \tau_M + \tau_B} = \frac{1000 \cdot 0,9}{0,2 + 0,5 + 2} = 333 \frac{\text{л}}{\text{год}} = 0,333 \text{ м}^3/\text{год}.$$

де $k_{\text{ДБП}}$ – коефіцієнт виходу дизельного біопалива, відн. од.

Споживана потужність під час використання шестерінчастого насоса для подачі та перемішування суміші визначається за виразом:

$$W = \frac{P_3 \tau_3 + P_M \tau_M}{1000} = \frac{2250 \cdot 0,2 + 1890 \cdot 0,5}{1000} = 1,395 \text{ кВт}.$$

Питому енергоємність виробництва дизельного біопалива визначаємо за виразом:

$$E = \frac{W}{Q} = \frac{1,395}{0,333} = 4,19 \text{ кВт год/м}^3.$$

Отже, двоступінчате віджимання дозволяє отримати високоякісну олію першого (холодного) віджимання для харчових потреб і недорогої олію другого (гарячого) віджимання – для потреб виробництва дизельного біопалива.

Контрольні питання

1. Які основні операції технологічного процесу під час використання промислової технології виробництва рослинної олії?
2. Які технологічні операції відсутні в агропромисловій технології виробництва дизельного біопалива, порівняно з промисловою?
3. Який відсоток рослинної олії виробляється в сільському господарстві за агропромисловою технологією?
4. Опишіть технологічну схему агропромислового виробництва дизельного біопалива з використанням двостадійного віджимання олії.

Література: [3, с. 51–54]

Практичне заняття № 4

Тема. Розрахунок техніко-економічних показників виробництва біоетанолу та визначення обсягів сировини й необхідної площі для повного заміщення бензину, що споживається в аграрному виробництві

Мета: розрахувати техніко-економічні показники виробництва біоетанолу та визначити обсяги сировини й необхідну площі для повного заміщення бензину, що споживається в аграрному виробництві.

Короткі теоретичні відомості

В Україні сировиною для виробництва біоетанолу можуть бути цукровмісні (цукровий буряк, цукрове сорго, топінамбур) чи крохмалевмісні (кукурудза, жито, пшениця, картопля) сільськогосподарські культури, а також інші види рослин чи їх залишки (стебла, трави, залишки сільськогосподарської та деревообробної промисловості).

Завдання до теми

Обговорення теоретичних питань

1. Сировинна база та основи процесу виробництва біоетанолу.
2. Технологічні схеми виробництва біоетанолу.

Вихідні дані: Сировина для виробництва біоетанолу – кукурудза, урожайність $U = 7$ т/га; вартість зерна кукурудзи $C_K = 2700$ грн/т, ціна біоетанолу $C_{BE} = 15$ грн./кг; ціна бензину $C_B = 15,35$ грн/л; річні обсяги використання бензину в аграрному виробництві $P_B = 152$ тис. т, нижча теплотворна здатність бензину $Q_B = 42$ МДж/кг; нижча теплотворна здатність біоетанолу $Q_{BE} = 27$ МДж/кг; густина біоетанолу $\rho_{BE} = 0,8$ кг/м³. Показники процесу виробництва біетанолу, необхідні для проведення розрахунків, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники процесу виробництва біоетанолу із зерна кукурудзи

Показник	Позначення	Значення
Витрата води на замішування сировини л/кг	Q_V	3
Витрата дріжджів відносно обсягу замісу, %	q_D	8
Вміст спирту у бражці, %.	q_{BE}	13
Частка виробничих витрат, віднесена до ціни сировини, від. од.	k_{BV}	0,5
Витрата бензину на денатурацію спирту, %	q_B	3

Розрахунки виконують у такому порядку. Спочатку розраховують технологічну потребу в воді для замішування подрібненого в муку зерна кукурудзи під час виробництва біоетанолу з розрахунку на $m_c = 1$ тону сировини:

$$V_B = m_c Q_V = 1000 \cdot 3 = 3000 \text{ л/т}$$

Ураховуючи, що під час приготування замісу подрібнене в муку зерно повністю розчиняється у воді, беремо, що об'єм замісу дорівнює об'єму води, затраченої на його формування. Потім отриманий заміс піддають термоферментативній обробці та процесу оцукрювання, в результаті якого отримують сусло, об'єм якого дорівнює об'єму замісу, тобто $V_C = V_B$.

Потреба у виробничих дріжджах для зброджування отриманого сусла визначається так:

$$V_d = V_c q_d = 3000 \cdot \frac{8}{100} = 240 \text{ л.}$$

Після змішування замісу з дріжджами утворюється сусло, яке піддають зброджуванню упродовж певного часу, унаслідок чого утворюється зріла бражка об'ємом:

$$V_{БР} = V_c + V_d = 3000 + 240 = 3240 \text{ л.}$$

Вихід біоетанолу становитиме:

$$V_{БЕ} = V_{БР} \frac{q_{БЕ}}{100} = 3240 \frac{13}{100} = 421 \text{ л.}$$

Побічним продуктом виробництва біоетанолу є барда, яку можна використовувати на кормові цілі для відгодівлі худоби або направляти на метанове зброджування для отримання біогазу. Вихід барди після виробництва біоетанолу становить:

$$V_{БАР} = V_{БР} \left(1 - \frac{q_{БЕ}}{100}\right) = 3240 \left(1 - \frac{13}{100}\right) = 2819 \text{ л.}$$

Вартість кукурудзи в ціні біоетанолу:

$$V_c = \frac{C_K}{V_{БЕ} \rho_{БЕ}} = \frac{2700}{421 \cdot 0,8} = 8,02 \text{ грн/кг.}$$

Орієнтовна собівартість виробництва біоетанолу із зерна кукурудзи:

$$C_{БЕ} = (1 + k_{ВВ}) V_c = (1 + 0,5) \cdot 8,02 = 12,03 \text{ грн/кг.}$$

Прибуток від виробництва біоетанолу із зерна кукурудзи:

$$П = C_B - C_{БЕ} = 15 - 12,03 = 2,97 \text{ грн/кг.}$$

Рентабельність виробництва біоетанолу із зерна кукурудзи:

$$P = \frac{П}{C_{БЕ}} 100\% = \frac{2,97}{12,03} 100\% = 24,69 \%$$

Вихід біоетанолу з одного гектара площі під кукурудзою:

$$V_{БЕ}^S = Y V_{БЕ} = 7 \cdot 421 = 2947 \text{ л.}$$

Потреба в бензині для виконання денатурації біоетанолу, отриманого з одного гектара кукурудзи:

$$V_B = V_{BE}^S q_B = 2947 \frac{3}{100} = 88,41 \text{ л.}$$

Вартість бензину для проведення денатурації отриманого етанолу з одного гектара кукурудзи:

$$V_B = V_B C_B = 88,41 \cdot 15,35 = 1357,1 \text{ грн}$$

Потреба в біоетанолі для заміщення бензину в аграрному виробництві України:

$$P_{BE} = \frac{P_B Q_B}{Q_{BE}} = \frac{152 \cdot 42}{27} = 236,445 \text{ тис. т/рік}$$

Потреба в зерні кукурудзи та площі для її вирощування для повного заміщення біоетанолом бензину в аграрному виробництві:

$$m_{зк} = \frac{P_{BE} \cdot 10^6}{V_{BE} P_{BE}} = \frac{236,445}{421 \cdot 0,8} 10^6 = 702034 \frac{\text{т}}{\text{рік}}$$

$$S_K = \frac{m_{зк}}{y} = \frac{702034}{7} = 100291 \text{ га.}$$

Отже, проведені розрахунки показали, що під час переробки зерна кукурудзи з однієї тонни зерна отримуємо 421 л біоетанолу та 2819 л барди. Рентабельність виробництва біоетанолу із зерна кукурудзи без урахування реалізації барди становить 24,69 %. Вихід біоетанолу з одного гектара кукурудзи становить 2947 л, а для повного заміщення бензину в аграрному виробництві необхідно переробити на біоетанол 702034 т кукурудзи.

Контрольні питання

1. Яку речовину називають біоетанолом?
2. Надайте характеристику біоетанолу?
3. Чим відрізняється біоетанол від етанолу?
4. Укажіть основні етапи технологічного процесу виробництва біоетанолу.
5. Для чого потрібне зневоднення біоетанолу?
6. Який вихід біотеналу з основних сільськогосподарських культур?

Література: [3, с. 88–106]

Практичне заняття № 5

Тема. Розрахунок економічної ефективності заміщення бензину біоетанолом

Мета: розрахувати економічну ефективність заміщення бензину біоетанолом.

Короткі теоретичні відомості

Додавання 10 % біоетанолу до бензину дозволяє зменшити викиди аерозольних частинок на 50 %, а викиди оксиду карбону – на 30 %.

Завдання до теми

Обговорення теоретичних питань

1. Світовий досвід використання біоетанолу.
2. Перспективи використання біоетанолу в Україні.

Вихідні дані: Сировина для виробництва біоетанолу – кукурудза, урожайність $U_K = 7$ т/га; собівартість вирощування кукурудзи $B_K = 12755$ грн/га, ціна бензину $C_B = 20,74$ грн/кг; ціна кукурудзи $C_K = 2700$ грн/т, ціна вологої барди $C_B = 200$ грн/кг; річний об'єм використання бензину в господарстві $N_B = 25500$ кг; нижча теплотворна здатність бензину $Q_B = 42$ МДж/кг; нижча теплотворна здатність біоетанолу $Q_{BE} = 27$ МДж/кг; густина біоетанолу $\rho_{BE} = 0,8$ кг/м³; загальні дані процесу виробництва біетанолу, необхідні для проведення розрахунків, наведені в таблиці 5.1.

Розрахунки виконують у такому порядку. Спочатку визначають теплотворну здатність денатурованого біоетанолу. Ураховуючи, що, згідно із законодавством, для використання біоетанолу як палива він має пройти обов'язкову денатурацію (додавання 5 % бензину). Теплотворна здатність денатурованого біоетанолу становитиме:

$$Q_{ED} = \left(1 - \frac{k_B}{100}\right) Q_{BE} + \frac{k_B}{100} Q_B = \left(1 - \frac{5}{100}\right) 27 + \frac{5}{100} 42 = 27,75 \text{ МДж/кг}$$

Річна потреба в денатурованому біоетанолі становитиме:

$$N_{ED} = \frac{N_B Q_B}{Q_{ED}} = \frac{25500 \cdot 42}{27,75} = 38594,6 \text{ кг,}$$

а в чистому біоетанолі –

$$N_{BE} = \left(1 - \frac{k_B}{100}\right) N_{ED} = \left(1 - \frac{5}{100}\right) 38594,6 = 36664,9 \text{ кг.}$$

Таблиця 5.1 –Показники процесу виробництва біоетанолу із зерна кукурудзи

Показник	Позначення	Значення
Вихід біоетанолу, л/т	k_B	416
Частка виробничих витрат, віднесена до ціни сировини, від. од.	k_{BB}	0,5
Вміст бензину в денатурованому біоетанолі, %	k_B	5
Співвідношення обсягів барди та зерна кукурудзи, л/кг	k_{BA}	2,82

З урахуванням необхідного річного об'єму біоетанолу потреба у зерні кукурудзи для його отримання становитиме:

$$m_K = \frac{N_{BE}}{\rho_{BE} k_B} = \frac{36664,9}{0,8 \cdot 416} = 110,2 \text{ т.}$$

Необхідна площа для вирощування такої кількості кукурудзи становитиме:

$$S_K = \frac{m_K}{U_K} = \frac{110,2}{7} = 15,75 \text{ га.}$$

Витрати на вирощування кукурудзи становитимуть:

$$Z_K = S_K B_K = 15,75 \cdot 12755 = 200891,25 \text{ грн.}$$

Побічним продуктом виробництва біоетанолу є барда, яка може бути використана як корм у тваринництві. Її обсяги з отриманням заданої кількості біоетанолу становитимуть:

$$V_B = m_K k_{BA} = 110,2 \cdot 2,83 = 311,9 \text{ т.}$$

Виручка від реалізації вологої спиртової барди становитиме:

$$P_B = V_B C_B = 311,9 \cdot 200 = 62380 \text{ грн.}$$

Затрати на денатурацію біоетанолу становлять:

$$Z_D = N_{ED} \frac{k_B}{100} C_B = 38594,6 \cdot \frac{5}{100} \cdot 20,74 = 40022,6 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на виробництво біоетанолу становитимуть:

$$Z_B = m_K C_K k_{BB} = 110,2 \cdot 2700 \cdot 0,5 = 148770 \text{ грн.}$$

Економія коштів від використання біоетанолу на заміну бензину становитиме:

$$P_{BB} = N_B C_B - (Z_K + Z_D + Z_B - P_B) = \\ 25500 \cdot 20,74 - (200891,25 + 40022,6 + 148770 - 62380) = 201566,15 \text{ грн.}$$

Збільшення надходжень коштів від виробництва біоетанолу, порівняно з реалізацією зерна кукурудзи, становить:

$$E = P_{BB} - (m_K C_K - Z_K) = \\ = 201566,15 - (110,2 \cdot 2700 - 200891,25) = 104917,4 \text{ грн.}$$

Отже, проведені розрахунки показали, що для заміщення 25,5 т бензину біоетанолом необхідно задіяти під вирощування кукурудзи 15,75 га. Економія коштів від використання біоетанолу на заміну бензину становить 7,9 грн з розрахунку на один кг бензину, що використовувався в господарстві. Збільшення надходжень коштів від виробництва біоетанолу, порівняно з реалізацією зерна кукурудзи, становить 952,06 грн/т.

Контрольні питання

1. На що вказує аналіз фізико-хімічних властивостей біоетанолу?
2. Які основні переваги використання біоетанолу як моторного палива?
3. Які основні переваги використання біоетанолу як добавки до бензину?
4. Чим обумовлені перспективи використання біоетанолу у світі?
5. У яких країнах біоетанол найбільш розповсюджений і чому?
6. Що ви знаєте про використання біоетанолу в США?
7. Що ви знаєте про використання біоетанолу в Бразилії?

8. Що ви знаєте про використання біоетанолу в країнах Євросоюзу?
9. Чи є перспективи використання біоетанолу в Україні?
10. Наскільки сумарні масові викиди, зведені до CO, якщо живлення бензином з 10 % і 20 % добавкою біоетанолу менші, порівняно з бензином?

Література: [3, с. 123–127].

Практичне заняття № 6

Тема. Розрахунок питомого виходу біометану

Мета: розрахувати питомий вихід біометану.

Короткі теоретичні відомості

Одним з елементів безвідходного виробництва сільськогосподарської продукції є переробка і використання гною. Незначні дози внесення органічних добрив не забезпечують компенсації витрат гумусу, що призводить до погіршення біологічних властивостей ґрунту і його деградації.

Тому виникає необхідність переробки гною великої рогатої худоби (ВРХ) і свиней, питома вага яких у загальній кількості гною найбільша, в повноцінні органічні добрива з використанням технологій біогазового зброджування і компостування.

У процесі переробки гній фермерських підприємств є джерелом для отримання газоподібного палива на основі біометану, а також компостів на основі підстилкового гною і гноївки після метанового зброджування, які мають бути основним видом органічних добрив у рослинництві.

Гноївка – рідина, яка виділяється з гною під час його видалення та зберігання. Її використовують для виробництва компостів як рідке органічне добриво і як біосировину в біогазових технологіях.

Завдання до теми

Обговорення теоретичних питань

1. Сучасні тенденції розвитку біогазових установок.
2. Аналіз метаноутворення в біогазових установках.

Розрахунок проведемо з урахуванням виходу біометану за нормальних умов на основі біогазового реактора, що працює на гноївці скотарських і свинарських ферм.

Вихідні дані. Приймаємо вихід гноївки густиною $1050 \text{ кг}_{\text{БМ}}/\text{м}^3_{\text{БМ}}$ і вологістю 92 % – 1 т за добу. Вміст органічної маси в сухій масі біомаси гноївки – 80 %. Інтенсивність розкладу органічної біомаси гноївки – 3 % за добу. Вихід біогазу з розрахунку на одиницю розкладеної органічної маси – $1,1 \text{ кг}_{\text{БГ}}/\text{кг}_{\text{РОМ}}$. Максимальний рівень розкладу органічної біомаси – 30 %. Параметри біомаси гноївки наведені у таблиці 6.1.

Вихід біогазу під час зброджування у перерахунку на нормальні умови може бути визначений так:

$$V_{\text{БГ}} = \rho_{\text{БМ}} \left(1 - \frac{W_{\text{БМ}}}{100}\right) k_{\text{ОМ}} k_{\text{ОМ}}^p \frac{m_{\text{БГ}}}{\rho_{\text{БГ}}^{\text{н}}} = 1050 \left(1 - \frac{92}{100}\right) 0,8 \cdot 0,02 \frac{1,1}{1,199}$$

$$= 1,23 \text{ м}^3_{\text{БГ}}/\text{м}^3_{\text{БМ}} \text{ за добу,}$$

де $V_{\text{БГ}}$ – питомий вихід біогазу з реактора за нормальних умов, $\text{м}^3_{\text{БГ}}/\text{м}^3_{\text{БМ}}$ за добу; $\rho_{\text{БМ}}$ – щільність біомаси, $\text{кг}_{\text{БМ}}/\text{м}^3_{\text{БМ}}$; $W_{\text{БМ}}$ – вологість біомаси, %;

$\left(1 - \frac{w_{\text{БМ}}}{100}\right)$ вміст сухої речовини відносно загальної кількості біомаси, ; $k_{\text{ОМ}}$ – вміст органічної маси відносно загальної кількості сухої маси у біомасі, що зброджується, $\text{кг}_{\text{БМ}}/\text{кг}_{\text{СМ}}$; $k_{\text{ОМ}}^p$ – кількість розкладеної за добу органічної маси відносно загальної кількості органічної маси, за добу; $m_{\text{БГ}}$ – вихід біогазу в розрахунку на одиницю розкладеної органічної маси, $\text{кг}_{\text{БГ}}/\text{кг}_{\text{РОМ}}$; $\rho_{\text{БГ}}^{\text{н}} = 1,199 \text{ кг}_{\text{БГ}}/\text{м}^3_{\text{БГ}}$ щільність біогазу за нормальних умов.

Таблиця 6.1 – Параметри біомаси гноївки

Показник	Од. вимірювання	Значення
Густина біомаси (БМ) гноївки	$\text{кг}_{\text{БМ}}/\text{м}^3_{\text{БМ}}$ ($\text{т}_{\text{БМ}}/\text{м}^3_{\text{БМ}}$)	1050 (1,05)
Вологість	%	92
Вміст води (В)	$\text{кг}_{\text{В}}/\text{кг}_{\text{БМ}}$	0,92
	$\text{кг}_{\text{В}}/\text{т}_{\text{БМ}}$	920
Вміст сухої маси (СМ)	% від БМ	8
	$\text{кг}_{\text{СМ}}/\text{кг}_{\text{БМ}}$	0,08
	$\text{кг}_{\text{СМ}}/\text{т}_{\text{БМ}}$	0,08

Вміст органічної маси (ОМ)	% від ОМ	80
	кг _{ОМ} /кг _{СМ}	0,8
	кг _{ОМ} /т _{БМ}	64
Інтенсивність розкладу органічної біомаси гноївки	% ОМ за добу	2,0
	кг _{РОМ} /кг _{ОМ} за добу	0,02
Максимальний рівень розкладу органічної біомаси	%	30

Водночас питомий вихід біометану становитиме (табл. 6.2):

Таблиця 6.2 – Розрахунок виходу біогазу та біометану

Концентрація метану в біогазі	%	61,1
Вихід біогазу з розкладеної органічної маси за нормальних умов	кг _{БГ} /кг _{РОМ}	1,1
	м ³ _{БГ} /кг _{РОМ}	1,1/1,199 = 0,92
Вихід біогазу з реактора за нормальних умов	м ³ _{БГ} /м ³ _{БМ} за добу	1,23
	м ³ _{БГ} /т _{БМ} за добу	1,23/1,05 = 1,17
Вихід біометану за нормальних умов	м ³ СН ₄ /м ³ _{БМ} за добу	1,23×0,611 = 0,752
Час зброджування	діб	30/2 = 15
Загальний вихід біогазу	м ³ _{БГ} /м ³ _{БМ}	1,23×15 = 18,45

$$V_{CH_4} = V_{БГ} k_{CH_4} = 1,23 \cdot 0,611 = 0,752 \frac{m_{БГ}^3}{m_{БМ}^3} \text{ за добу,}$$

де V_{CH_4} – питомий вихід біометану із реактора за нормальних умов, $m_{CH_4}^3/m_{БМ}^3$, за добу; $k_{CH_4} = 0,611 m_{CH_4}^3/m_{БГ}^3$ – об’ємний вміст біометану в біогазі.

Отже, основним напрямом інтенсифікації процесу зброджування гною є підвищення рівня розкладу органічної маси завдяки створенню відповідних умов для розвитку анаеробної мікрофлори.

Контрольні питання

1. Які основні способи переробки гною?
2. Яке має бути співвідношення Карбону і Нітрогену у компостній суміші?
3. Які бувають способи анаеробної ферментації?
4. Як система видалення і переробки гною впливає на обсяги гноєсховищ?
5. Що таке біогаз?
6. Завдяки якому процесу утворюється біогаз?

7. Чим біогаз, вироблений із біомаси, відрізняється від природного газу?
8. З якої сировини може вироблятися біогаз?
9. Охарактеризуйте сучасний стан біогазових технологій.

Література: [3, с. 127–145].

2 ПИТАННЯ ДО ІСПИТУ

1. Надайте визначення поняття «джерела енергії».
2. Що таке непоновлювані і поновлювані джерела енергії?
3. Наведіть визначення поняття «біоенергетика».
5. Охарактеризуйте нетрадиційні та відновлювані джерела енергії.
6. Запропонуйте заходи щодо забезпечення енергозбереження.
7. Запропонуйте шляхи розв'язання енергетичних та екологічних проблем.
8. Визначте напрями розвитку технологічної біоенергетики.
9. Охарактеризуйте напрями трансформування сонячної енергії біологічними системами.
10. Що включає в себе сировинна база для біоенергетики?
11. Надайте визначення поняття «біомаса». Які форми біомаси придатні для використання її як енергоносія?
12. Як вирішуються питання охорони довкілля за використання біомаси як джерела енергії?
13. Які існують обмеження у використанні біомаси як джерела енергії?
14. Надайте визначення поняття «альтернативні види палива».
15. Які види палива належать до альтернативних видів газового палива, альтернативних видів рідкого палива, альтернативних видів твердого палива?
16. Які види біопалива використовуються нині?
17. Які нормативно-правові документи, прийняті в Україні, регулюють відносини у сфері використання біопалива?
18. Охарактеризуйте тверде біопаливо та способи одержання енергії з твердої біомаси.
19. Які види рідкого біопалива є нині найперспективнішими? Наведіть характеристики моторних видів палива.

20. Що передбачає концепція виробництва біоетанолу в Україні? Надайте характеристику біоетанолу.
21. Надайте характеристику джерел сировини для виробництва біоетанолу.
22. Охарактеризуйте етапи виробництва біоетанолу на крохмалевмісній сировині.
23. Охарактеризуйте етапи виробництва біоетанолу на мелясі.
24. Охарактеризуйте етапи виробництва біоетанолу на гідролізатах деревини.
25. Назвіть сучасні підходи до одержання біоетанолу на основі рослинної біомаси.
26. Назвіть галузі використання етанолу.
27. Які біологічні агенти використовуються як продуценти біоетанолу? Охарактеризуйте підходи до селекції продуцентів біоетанолу.
28. Охарактеризуйте екологічні аспекти одержання біоетанолу. Надайте визначення поняття «біодизель».
29. Охарактеризуйте сировинну базу для одержання біодизелю.
30. Зазначте технологічні особливості виробництва чистого та модифікованого біодизелю з ріпаку.
31. Надайте характеристику потенціалу України у виробництві біодизелю.
32. Зазначте переваги та недоліки біодизелю як пального.
33. Охарактеризуйте питання охорони довкілля, які виникають за виробництва біодизелю, та запропонуйте заходи щодо їх вирішення.
34. Надайте визначення поняття «біогаз».
35. Охарактеризуйте типи метанової ферментації.
36. Надайте характеристику асоціації мікроорганізмів – продуцентів біогазу.
37. Охарактеризуйте джерела сировини для виробництва біогазу.

38. Надайте характеристику основних структурних елементів схеми типової біогазової установки.
39. Охарактеризуйте промислові апарати для одержання біогазу.
40. Визначте переваги та недоліки біогазових технологій.
41. Охарактеризуйте біосистеми та процеси фотосинтезу і біосинтезу.
42. Охарактеризуйте можливості застосування та переваги використання мікроводоростей для виробництва біопалива.
43. Визначте технологічні особливості процесу виробництва біодизелю з використанням мікроводоростей.
44. Охарактеризуйте мікроводорості як біологічні агенти біоенергетики.
45. Надайте визначення поняття «біоводень» як біопалива третього покоління.
46. Охарактеризуйте біотехнологічні способи одержання водню.
47. Що таке фотобіоніка?
48. Охарактеризуйте типи модельних біосистем одержання водню.
49. Надайте характеристику продуцентів біоводню. Зазначте особливості воденьтвірних бактерій.
50. Зазначте компоненти біосистем водню.
51. Охарактеризуйте питання охорони довкілля за виробництва біоводню та запропонуйте шляхи їх вирішення.
52. Назвіть характерні риси біотехнологічних процесів, які використовуються у біоенерготехнологіях.
53. Наведіть приклади використання біокаталітичних процесів у біоенерготехнологіях.
54. Охарактеризуйте продукти мікробного синтезу, які одержали набулиширокого застосування у біоенергетиці.
55. Надайте характеристику біотехнологічних особливостей одержання целюлаз: особливості організації процесу ферментації, стадій виділення та очищення кінцевих продуктів.

56. Охарактеризуйте технологічні особливості застосування целюлаз у процесах біоконверсії целюлози.
57. Чим зумовлені проблеми безпеки біоенерготехнологій?
58. Надайте визначення понять: «безвідходні технології» і «маловідходні технології».
59. Охарактеризуйте основні проблеми безпеки біопалива.
60. Які нові технологічні рішення та методи роботи з біологічними агентами використовуються нині для подолання проблем біоенергетики?

3 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Порядок перерахунку рейтингових показників 100-бальної системи вищої шкали в національну шкалу оцінювання знань і європейську шкалу ECTS.

Інтервальна шкала оцінок установлює взаємозв'язки між рейтинговими показниками і шкалами оцінок.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		Для іспиту, заліку
90–100	A	Відмінно
82–89	B	Добре
74–81	C	
64–73	D	Задовільно
60–63	E	
35–59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання
0–34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Розподіл балів, які отримують студенти

Вид занять	Змістовий модуль № 1	Змістовий модуль № 2	Сума
1	2	3	4
Лекції:	14 год.	14 год.	10 балів, із них:
– контроль відвідування лекцій	2,5	2,5	5
– ведення конспекту лекцій, (питань, що винесені на самостійне опрацювання)	2,5	2,5	5
Практичні і лабораторні заняття	6 год. 6 год	6 год. 6 год.	10 балів, із них:
– контроль відвідування, підготовка до заняття	1,25 і 1,25	1,25 і 1,25	5
– виконання завдання, оформлення звіту й захист практичної і лабораторної роботи	1,25 і 1,25	1,25 і 1,25	5
Поточний та підсумковий контроль:	Змістовий модуль № 1	Змістовий модуль № 2	60 балів, із них:
– виконання поточних контрольних робіт, тестових завдань (максимальний бал)	30	30	60
– опитування, розрахункові роботи, що виконуються під час аудиторних занять (максимальний бал)			
– реферати, наукові статті, тези			
Іспит			20 балів
Усього			100 балів

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Півняк Г. Г. Альтернативна енергетика в Україні : монографія / Г. Г. Півняк, Ф. П. Шкрабець ; Нац. гірн. ун-т. Д. : НГУ, 2013. 109 с.
2. Енергозбереження в системах біоконверсії : навч. посіб. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В. – Вінниця. – ВНТУ, 2006. 83 с.
3. Красінько В. О. Біоенергетика та охорона довкілля [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. спец. 7.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / В. О. Красінько. К: НУХТ, 2013. 88 с.
4. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві. / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець, О.А. Марус та ін. – К. : НУБіП України, 2016. 226 с.
5. Безотходная биотехнология этилового спирта. / А. А. Кухаренко, А. Ю. Винаров. – М. : Энергоатомиздат, 2001. 272 с.
6. Указ Президента України №134/2012 від 22.02.2012
7. Закон України «Про енергозбереження» від 01 липня 1994 року (№74/94-ВР)
8. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 року (№555IV)
9. Постанова національної комісії регулювання електроенергетики України від 22 січня 2009 р. №32 «Про затвердження Порядку встановлення, перегляду і припинення дії «зеленого» тарифу для суб'єктів господарської діяльності»
10. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен та ін. / за заг. ред. О. І. Солов'я. Черкаси : Вид. ЧДТУ, 2007. 484 с.
11. Сухарев С. М. Техноекологія та охорона навколишнього середовища.: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-ге видання. / С. М. Сухарев, С. Ю. Чундак, О. Ю. Сухарева. Львів : «Новий світ-2000», 2005. 256 с.

12. Никитин Г. А. Метановое брожение в биотехнологии: учеб. пособие / Г. А. Никитин. К. : Высш. шк., 1990. 207 с.
13. Екологічна біотехнологія переробки синьо-зелених водоростей: монографія / М. В. Загірняк, В. В. Никифоров, М. С. Мальований та ін. – Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2016. 168 с.
14. Основы сельскохозяйственной биотехнологии / [Г. С. Муромцев, Р. Г. Бутенко и др]. М. : Агропромиздат, 1990. 384 с.
15. Ніколайчук В. І. Генетична інженерія : підручник / В. І. Ніколайчук, І. Ю. Горбатенко. Ужгород, 1999. 182 с.
16. Підліснюк В. В. Стратегія сталого розвитку та змін клімату: навчальний посібник (видання друге, доповнене) / В. В. Підліснюк, М. В. Загірняк, І. Ф. Їркова; за редакцією Підліснюк В. В. Київ – Кременчук – Банська Бистриця – Усті над Лабом : Видавництво Щербатих О. В., 2013. 224 с.

Методичні вказівки щодо практичних занять з навчальної дисципліни «Альтернативна енергетика та біоконверсія» для студентів денної форми навчання зі спеціальності 101 – «Екологія» освітньо-професійної програми підготовки «Екологічна біотехнологія та біоенергетика». Освітньо-кваліфікаційний рівень «Магістр»

Укладач к. х. н., доц. О. В. Новохатько

Відповідальний за випуск А. В. Пасенко

Підп. до др. _____. Формат 60Ч84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.
Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600