МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-професійним рівнем «магістр»

«Аналіз ефективності роботи біогазової установки тваринницької ферми»

Виконав: ст. 2 курсу, група НФ-61

Голубов Д.О.

Спеціальність

105 Прикладна фізика та наноматеріали

Керівник: Кошельнік О.В.

Рецензент: Круглякова О.В.

Харків – 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Інститут Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр

Спеціальність 105«Прикладна фізика та наноматеріали»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.П. Кулик

"____"_____2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Голубову Данило Олексійовичу

1. Тема роботи Аналіз ефективності роботи біогазової установки тваринницької ферми _____

керівник роботи Кошельнік Олександр Вадимович, к.т.н, доцент

затверджені наказом по університету від “__”_____2021 року №____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити

Аналіз сучасного стану застосування біопаливних установок з різними видами сировини; Аналіз конструктивних та режимних параметрів роботи біогазових установок; Оцінка обсягів виходу біогазу на тваринницькій фермі; Оцінка ефективності застосування біогазової установки для отримання електричної енергії та технологічної продукції.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Аналіз технологій виробництва біопалива та обладнання для його отримання
2	Розрахунок показників роботи біогазової установки
3	Розрахунки показників роботи біогазової установки
4	Аналіз різних способів утилізації біогазу

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ Д.О. Голубов_____

підпис

Керівник роботи _____ О. В. Кошельнік___

підпис

РЕФЕРАТ

Голубов Данило Олексійович. «Аналіз ефективності роботи біогазової установки тваринницької ферми». Кваліфікаційна робота магістра прикладної фізики. - ХНУ імені В. Н.Каразіна, 2021. - ___ с.

Ключові слова: БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ТВАРИННИЦЬКА ФЕРМА, СПОЖИВАННЯ БІОГАЗУ, ЕНРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

Метою роботи є дослідження ефективності експлуатації біогазової установки на тваринницькій фермі при різних способах використання отриманого біогазу.

Основними завданнями роботи є: аналіз сучасного стану застосування біогазових технологій; вивчення технології отримання біогазу та обладнання для його отримання; проведення розрахунку дослідження з метою вибору оптимального режиму роботи біогазової установки; проведення розрахунків установки при обраному режимі роботи; проведення аналізу різних способів застосування отриманого біогазу; визначення показників емісії парникових газів при спалюванні біогазу

Дипломна робота містить: 84 сторінок, 22 рисунків, 10 таблиці, 17 джерел.

РЕФЕРАТ

Голубов Даниил Алексеевич. "Анализ эффективности работы биогазовой установки животноводческой фермы". Квалификационная работа магистра прикладной физики. – ХНУ имени В. Н.Каразина, 2021. – ___ с.

Ключевые слова: БИОГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЖИВОТНИЦКАЯ ФЕРМА, ПОТРЕБЛЕНИЕ БИОГОЗА, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Целью работы является исследование эффективности эксплуатации биогазовой установки на животноводческой ферме при разных способах использования биогаза.

Основными задачами работы есть: анализ современного состояния применения биогазовых технологий; изучение технологии получения биогаза и оборудования для его получения; проведение расчета исследования с целью выбора оптимального режима работы биогазовой установки; проведение расчетов установки при выбранном режиме работы; проведение анализа разных способов применения полученного биогаза; определение показателей эмиссии парниковых газов при сжигании биогаза

Дипломная работа содержит: 84 страниц, 22 рисунков, 10 таблицы, 17 источников.

ABSTRACT

Daniil Golubov Alexeyevich. "Analysis of the efficiency of the biogas plant of a livestock farm". Qualifying work of the Master of Applied Physics. - KhNU named after V. N. Karazin, 2021. - ___ p.

Key words: BIOGAS TECHNOLOGIES, LIVESTOCK FARM, CONSUMPTION OF BIOGOS, ENERGY EFFICIENCY.

The aim of the work is to study the efficiency of operating a biogas plant on a livestock farm with different ways of using biogas.

The main tasks of the work are: analysis of the current state of the use of biogas technologies; study of biogas production technology and equipment for its production; carrying out the calculation of the study in order to select the optimal operating mode of the biogas plant; calculations of the installation for the selected operating mode; analysis of different ways of using the obtained biogas; determination of indicators of greenhouse gas emissions from biogas combustion

Thesis contains: 84 pages, 22 figures, 10 tables, 17 sources.

ЗМІСТ

ВСТУП……....9

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЙ…….....10

1.1 Історія розвитку біопаливних технологій в світі……10

1.2 Біопаливні технології в Україні…….17

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЙОГО ОТРИМАННЯ…….28

2.1 Джерела біомаси…….28

2.2.1 Сировина рослинного походження ……31

2.1.2 Сировина тваринного походження ……34

2.2 Основні технології виробництва біопалива ……..35

2.2.1 Тверді біоенергоносії……..36

2.2.2 Рідкі біоенергоносії……38

2.2.3 Газоподібне біопаливо ……42

2.3 Технологічне обладнання для отримання біопалива……..45

2.4 Установки для використання біопалива……...52

2.4.1 Теплоенергетичне обладнання……...52

2.4.2 Установки для виробництва електричної енергії……60

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ НА ТВАРИННИЦЬКІЙ ФЕРМІ……62

3.1 Вибір оптимального режиму роботи біогазової установки……62

3.2 Розрахунок показників роботи біогазової установки……..63

3.3 Аналіз різних способів утилізації біогазу…….72

3.4 Визначення показників емісії парникових газів при спалюванні біогазу…79

ВИСНОВКИ……...82

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….….83

ВСТУП

В останні роки все більше уваги приділяється розвитку енергетики на базі поновлюваних джерел, в тому числі з використанням біопалива. Ця тенденція обумовлена необхідністю знизити залежність від імпорту енергоресурсів в умовах зростання світових цін на вуглеводні, а також прагненням вийти на ринки збуту продуктів з високим ступенем доданої вартості. Особливу важливість при цьому набуває збалансованість поєднання раціональних цін на сировину і заходів з регулювання екологічних і соціальних ризиків. Тому виникає актуальність в використанні біогазових установок для отримання біопалива.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Історія розвитку біопаливних технологій в світі

В останні роки в країнах, що розвиваються, все більше уваги приділяється розвитку енергетики на базі поновлюваних джерел, в тому числі з використанням біопалива. Ця тенденція обумовлена необхідністю знизити залежність від імпорту енергоресурсів в умовах зростання світових цін на вуглеводні, а також прагненням вийти на ринки збуту продуктів з високим ступенем доданої вартості. Особливу важливість при цьому набуває збалансованість поєднання раціональних цін на сировину і заходів з регулювання екологічних і соціальних ризиків.

Однією з характерних рис сучасного світового ринку енергоносіїв є швидке зростання виробництва рідкого біопалива. Воно досягло 1 911 тис. бар./добу. (100 млрд л), збільшившись за 7 років в три рази. Середньорічні темпи приросту випуску цього виду продукту становили близько 45 %. Світовий ринок біопалива оцінюється в 8,2 млрд. дол [1].

Прискорений розвиток виробництва і застосування біопалива в якості альтернативного природним вуглеводням джерела енергії пов'язано з низкою глобальних причин, в числі яких зростання світових цін на паливо, обмеженість викопних ресурсів, негативний вплив на екологію використання традиційних енергоносіїв. Незважаючи на те, що частка біопалива в світовому енергобалансі складає лише 2%, а в світовому споживанні палива транспортними засобами - 3%, ця тема в останні роки виявляється в центрі уваги як міжнародних організацій (Конференція ООН з торгівлі і розвитку - ЮНКТАД; Продовольча і сільськогосподарська організація ООН - ФАО; Організації економічного співробітництва і розвитку - ОЕСР та ін.), так урядів ряду країн і світової громадськості [1]. Вона безпосередньо пов'язується з сучасним глобальним порядком денним, що включає питання енергетичної і продовольчої безпеки,

кліматичних змін у світі, мінімізації шкідливого впливу парникового ефекту на навколишнє середовище, боротьби з голодом і бідністю, подолання диспропорцій між розвиненими і країнами, що розвиваються і т. д. Дискусія по цієї проблематики поки далека від завершення, але накопичений матеріал дозволяє зробити певні узагальнення, базуючись на досвіді деяких країн, що розвиваються. Очевидно, що споживання енергії в світі буде поступально зростатиме, а обмеженість невідновлюваних ресурсів і далі буде змушувати шукати їм альтернативну заміну, в тому числі у вигляді біопалива.

Останні роки на світовому ринку біопалива все помітніше стає присутність країн, що розвиваються Латинської Америки, Азії та Африки. Цьому значною мірою сприяють їх сприятливі природно-кліматичні умови, що дозволяють обробляти практично всі включені в технологічний процес виробництва біодизеля і біоетанолу культури: цукровий очерет, цукровий буряк, сорго, кукурудзу, пшеницю, юку, олійну пальму, тунг, ріпак, суріпиця. Відносна дешевизна вихідної сировини забезпечує конкурентоспроможність виробленого на його базі біопалива на світовому ринку і дозволяє цим країнам зайняти на ньому свою нішу. Крім того, важливим аргументом є і питання власної енергетичної безпеки, які змушують уряду країн, що розвиваються, особливо імпортерів нафти, вживати заходів щодо диверсифікації паливно-енергетичного балансу. Діють також стимули поліпшення платіжного балансу, модернізації сільськогосподарського сектора, диверсифікації експорту, вирішення проблем, пов'язаних з охороною навколишнього середовища.

Виробництво біопалива в світі зростає швидкими темпами. За період з 2000 по 2010 р вона збільшилася в п'ять разів (рис. 1.1).

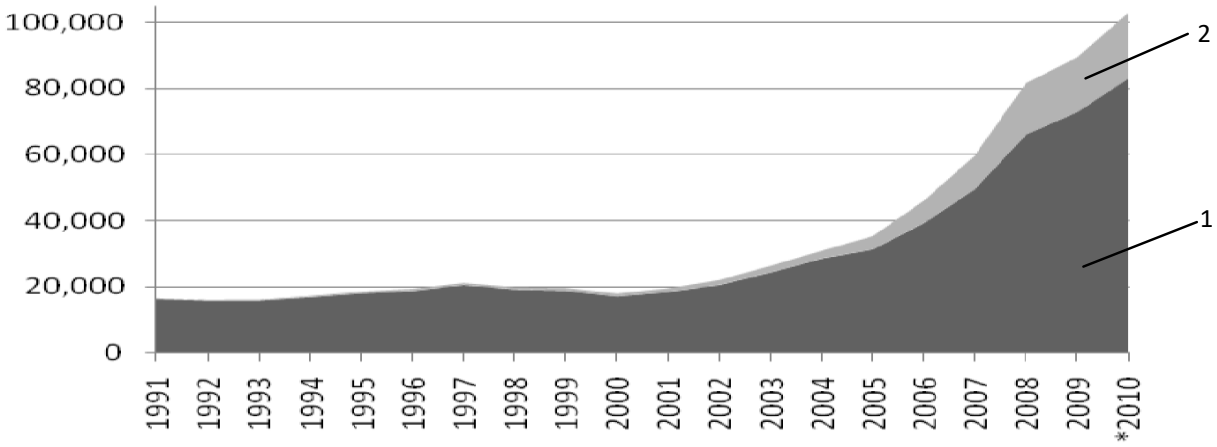


Рис. 1.1. Світове виробництво біоетанолу та біодизеля, млн л:
1 - біоетанол; 2 – біодизель

У 2010 р світовими лідерами з виробництва біопалива (тис. бар./добу.) Виступали США (88,6), Бразилія (52,3), Німеччина (62) і Франція (55). При цьому на частку США доводилося 4,5%, а Бразилії - 28,0% світового виробництва [1].

Що стосується біоетанолу, то частка США складає 54% світового виробництва, а Бразилії - 33% (рис. 2). Таким чином, ці дві країни забезпечують 90% усього світового обсягу. Біоетанол випускають також Китай - 2,5%, Канада - 1,4%, Франція - 1,3%, Німеччина - 1,1%, Іспанія - 0,7%, Таїланд - 0,6%, Бельгія - 0,4% , Колумбія - 0,4%. На інші країни припадає близько 2% світового обсягу. За оцінками, найбільші перспективи росту є (крім Бразилії) у Китаю і Індії. Очікується, що до 2020 р на ці три країни припадає 85% всього виробництва біоетанолу серед країн, що розвиваються (1 млрд л).

Обсяги світового виробництва біодизеля залишаються порівняно невеликими, однак мають високу динаміку. В даний час виробництво біодизеля зосереджено як в розвинених, так і країнах, що розвиваються: США - 14,3% світового виробництва, Аргентина - 13,1%, Німеччина - 12,6%, Франція - 12%, Бразилія - 9,%.

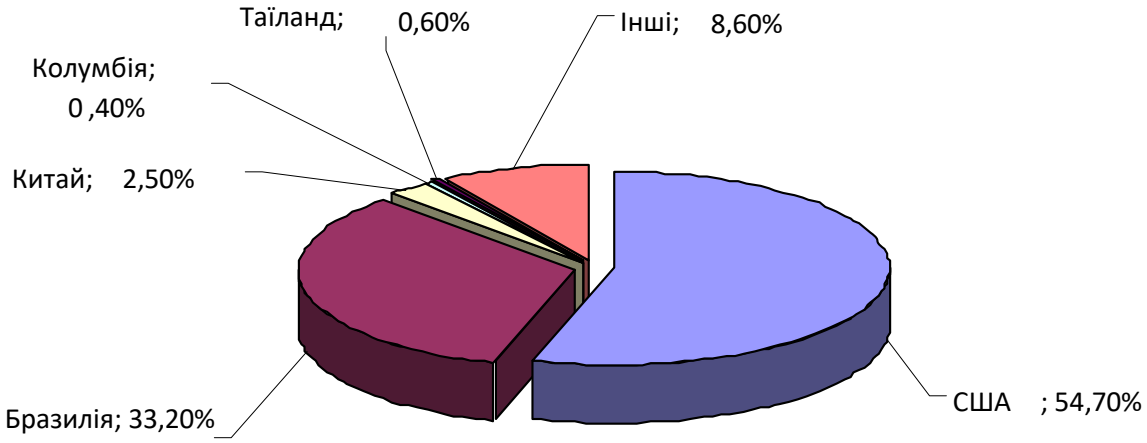


Рис. 1.2. Країни - основні виробники біоетанолу в 2010 р

Налагоджується виробництво в Таїланді, Малайзії (28 заводів), а також ряді країн Латинської Америки - Парагваї, Гондурасі, Колумбії (рис. 3). За прогнозами, до 2020 р лідируюче місце по виробництву біодизеля займе Аргентина з часткою на ринку 25% (3,2 млрд л), на другому місці буде Бразилія - 3,0 млрд л. Швидке зростання виробництва біодизеля прогнозується для Малайзії (1,3 млрд л), Таїланду, Індії та Індонезії (1-1,5 млрд л) [1].

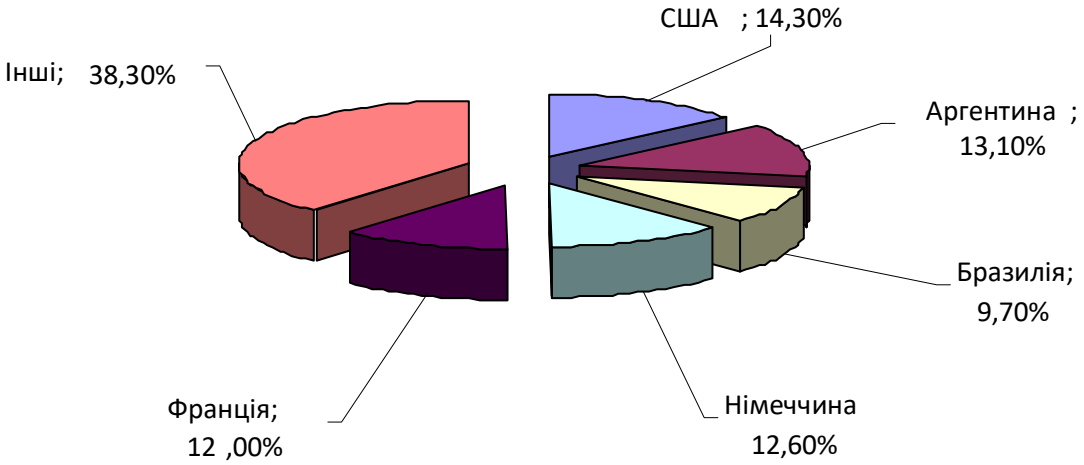


Рис. 1.3. Країни - основні виробники біодизелю в 2010 р

Піонером в області виробництва біоетанолу є Бразилія, яка, будучи нафтозалежною країною, в умовах енергетичної кризи 90-х рр. висунула

державну програму зі стимулювання заміни бензину на біоетанол - OALCOOL. З цього часу розвиток біопаливної галузі йшло прискореними темпами (рис. 4). До недавнього часу Бразилія займала перше місце в світі по виробництву біоетанолу і тільки в 2005 р вона поступилася його США.

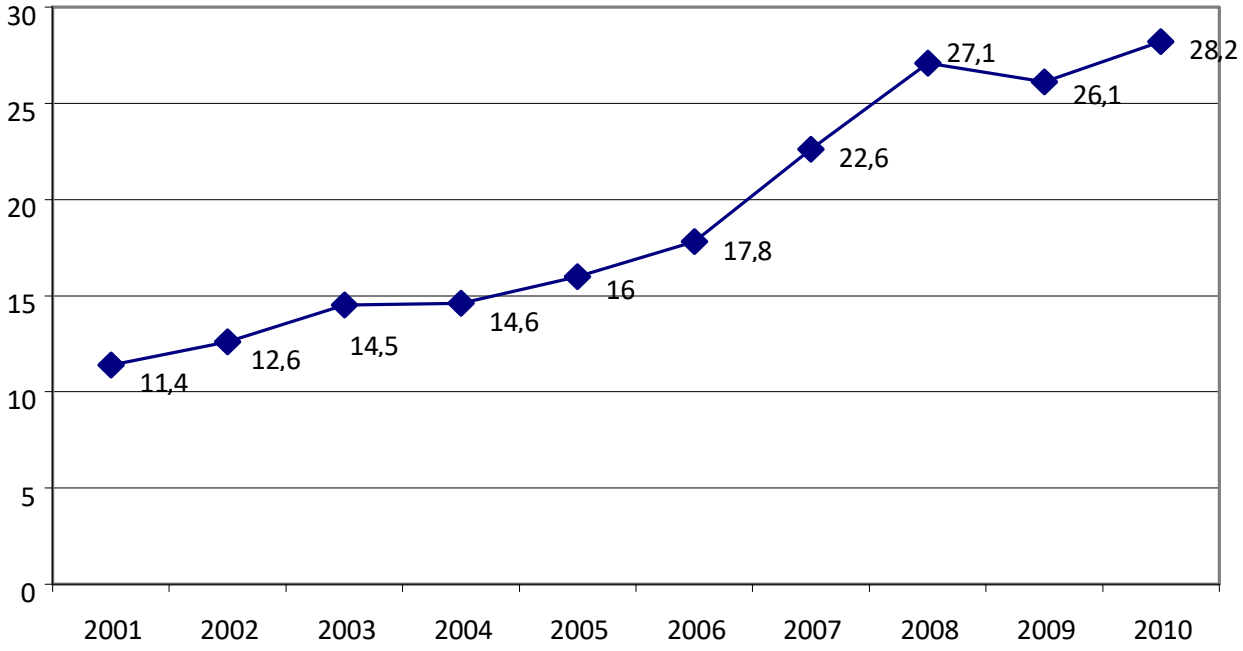


Рис. 1.4. Динаміка виробництва етанолу в Бразилії в 2001-2010 рр., млрд. л.

Бразилія виробляє паливний етанол з цукрової тростини, за обсягами збору якого займає перше місце в світі. Велика кількість дешевої вихідної сировини дозволить країні і в майбутньому зберегти своє лідерство: до 2020 року її питома вага на ринку складе 33%.

В даний час на частку біопалива припадає до 20% енергобалансу країни, і роль цього сектора зростає, незважаючи на те, що з кінця 1980-х рр. країна цілком забезпечує себе сирою нафтою і навіть експортує її (в 2010 року видобуток склав 2,13 тис. бар. в день). Виробництво біоетанолу в 2010 р склало 28,2 млрд л, біодизеля - 2,2 млрд л [1]. Ці продукти використовуються в основному на транспорті. Практично 100% усіх транспортних засобів, що використовуються в країні, працюють на базі чистого біопалива або в суміші. Політика заміщення натуральних вуглеводнів біопаливом, за оцінкою ФАО, дозволила Бразилії за 8 років заощадити 61 млрд доларів.

У Національному плані розвитку енергетики до 2030 р намічається збільшення виробництва біоетанолу до 66 млрд л.. Реалізації таких прогнозів сприяє і вдосконалення технологій, і здешевлення виробництва як біопалива, так і автомобілів. Будь-який сучасний автомобіль в даний час може працювати на паливі, що містить до 10% біодобавок. У Бразилії налагоджений випуск автомобілів з так званим «гнучким» двигуном, що дозволяє працювати як повністю на біопаливі, так і на традиційному бензині або дизелі з добавками в будь-якій пропорції біопалива. Ці фактори в поєднанні зі зростанням цін на нафту забезпечують хороші перспективи для цього сегмента на майбутнє.

Виробничі потужності для виробництва біодизеля в Бразилії становлять 5,8 млрд л, проте використовуються вони поки на 40%. У 2010 р обсяг випуску склав 2,4 млрд л. Більше 80% всього біодизеля виробляється на основі соєвої олії. Другий за значенням продукт - тваринний жир, третє місце займає бавовняне масло.

Швидкими темпами розвивається виробництво біоетанолу в Китаї. В даний час Китай є найбільшим інвестором в розвиток енергетики на базі поновлюваних джерел. У 2010 р на дані цілі Китай витратив більше 47,62 млрд дол. (За оцінками, всього в світі в цьому році було витрачено 211 млрд дол.).

У країні діють п'ять заводів з виробництва біоетанолу, чотири з них використовують в якості сировини кукурудзу (80%), пшеницю і рис, один - самий малопотужний (1 млн л) - кассаву.

Загальний обсяг виробництва зріс з 25,3 млн л в 2003 р до 2,21 млн л в 2011 р. Китай також має в своєму розпорядженні значні потужності по виробництву біодизеля - 3408 млн л. Однак через високі ціни на вихідну сировину (тваринний і рослинний жир) виробництво практично призупинено (у 2010 р випуск склав лише 22,2 млн л).

Робляться спроби налагодити виробництво біодизеля на базі пальмового масла в Малайзії, Нігерії, Філіппінах, інших країнах Азії та Африки.

Що стосується світової торгівлі біопаливом, то вона поки не отримала значного розвитку, так як виробництво здебільшого орієнтована на задоволення внутрішніх потреб. За оцінками, тільки 10% виробленого етанолу експортується. Головним постачальником на світовий ринок біоетанолу виступає Бразилія (90% всього обсягу). Її експорт виріс з 349,1 млн л в 2001 році до 5 123,8 млн літрів в 2008 р У наступні три роки спостерігався істотний спад до 1 964 млн л (2011 р), що пояснювалося різким зростанням цін (на 100 %) на цукрову тростину і загальним зниженням його виробництва в зв'язку з посухою. У цей період відбулася деяка переорієнтація географічних напрямків торгівлі: збільшилася роль Японії при зниженні частки США і Латинської Америки. Проте США залишаються головним покупцем бразильського етанолу - 644 млн л.

Біодизель в невеликих кількостях експортується США, Аргентиною, Індонезією і Малайзією. При цьому особливо можна виділити Аргентину, в якій за останні три роки побудовано 34 нових заводи з виробництва біодизеля загальною потужністю 1 800 млн л на рік, орієнтованих виключно на експорт.

Тут слід зазначити, що розвиток експорту біопалива суттєво гальмується досить високими імпортними митами на цей товар: в США - 40%, в ЄС - 60%. Проте зазначені бар'єри подолано, використовуючи механізми різних преференційних торгових угод, якими охоплено більшість країн світу. Крім того, полягають і чисто профільні угоди. Так, Бразилія підписала так звані меморандуми про взаєморозуміння в галузі використання біопалива з США, Американським спільним ринком (МЕСО), західно-африканську економічним і валютним союзом (МОА), Панамою і Чилі. Індія і Китай також підписали аналогічні угоди з США.

Іншою перешкодою розвитку зовнішньої торгівлі країн, що розвиваються біопаливом є політика субсидій, яку широко застосовують розвинені країни для стимулювання власного виробництва цього продукту. У США, наприклад, згідно з оцінками, на ці цілі щорічно спрямовується від 5,5 до 3 млрд дол. на

рік. Є і технічні бар'єри, типу національної сертифікації продукту, вимоги до його хімічним складом та ін..

Незважаючи на помітний прогрес у розвитку виробництва та експорту біопалива, можна відзначити високу ступінь волатильності цього сектора. Перспективи розвитку ринку біопалива безпосередньо пов'язані зі світовими трендами цін на нафту і сільськогосподарську сировину (90% вартості біопалива припадає на вихідний продукт). Ідеальним поєднанням для цієї галузі були б низькі ціни на сільгосппродукти при високих цінах на копалини вуглеводні. Разом з тим реальна картина далека від такого сценарію. Сталі в останні роки високі світові ціни на пальмове масло і цукрову тростину стали серйозним аргументом на користь переважного розвитку експорту сировини на шкоду постачання на біопаливні фабрики. В результаті в 2009-2011 р. виробничі потужності стоять незавантаженими в Бразилії, Індії, Індонезії, Китаї та інших країнах.

Найважливішим фактором розвитку біопаливної промисловості в країнах, що розвиваються є державна політика. Без відповідних стимулів і субсидій ця галузь не може витримати конкуренції з традиційними джерелами енергії. Уряду країн, що розвиваються, як правило, йдуть на значні бюджетні жертви, розглядаючи розвиток альтернативної енергетики в якості стратегічно важливого завдання по ліквідації енергетичної вразливості власної економіки, зменшення ризиків, пов'язаних з транспортуванням палива в умовах різкого подорожчання фрахту, мінімізації ефектів шкідливих викидів.

1.2 Біопаливні технології в Україні

З огляду на вирішальну роль для національної економіки енергетика України зіткнулась зі значними проблемами щодо подальшого розвитку. Це низька ефективність та висока енергоємність (у 2,6 рази вища, ніж у середньому по країнах ОЕСР і у 3,2 рази більша за середній показник 28 країн ЄС), вуглецеємність української економіки є однією з найвищих у світі (у 2015 р.

Україна займала 9-те місце серед більш ніж 160 країн), висока залежність від імпорту енергоресурсів і скорочення виробництва вітчизняного викопного палива, несприятливий інвестиційний клімат та не завжди ефективна нормативно-правова база. Для вирішення цих питань необхідно удосконалити широкий спектр заходів енергетичної, соціальної та економічної політики. У цьому контексті розвиток відновлюваної енергетики та, зокрема, біоенергетики перебуває серед найважливіших завдань, які можуть посприяти розв'язанню низки зазначених проблем.

За останні роки Україна як учасник Енергетичного співтовариства та на виконання Договору про асоціацію з Європейським Союзом упровадила низку ініціатив, пов'язаних із подальшим розвитком використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Зокрема, в 2014 р. уряд України затвердив план заходів з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2009/28/ЄС і того ж року – Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року (НПДВЕ) та План заходів до нього. План дій був розроблений відповідно до Директиви 2009/28/ЄС про заохочення використання енергії з відновлюваних джерел. Основною метою НПДВЕ є досягнення мети споживання 11% енергії від ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні до 2020 р. (порівняно з 3,8% у 2009 р.). Частка тепла від ВДЕ має сягати 12,4%, частка електроенергії від ВДЕ – 11%, а частка ВДЕ, що використовується транспортом, має становити 10%. За оцінками Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, для досягнення зазначеної мети НПДВЕ необхідно інвестувати близько 18 млрд євро, насамперед у електроенергетику (9,5 млрд євро) та опалення й охолодження (7,7 млрд євро) [2].

Найбільш комплексно питання широкого використання біогазу розглядаються Науково-технічним центром "Біомаса" та Біоенергетичною асоціацією України (БАУ). У світі швидко зростає виробництво біогазу та поширюється його використання в енергетиці. Розвиток ринку біогазу в Україні очікувано дозволить замістити 2,6–18 млрд куб. м природного газу на рік,

сприятиме посиленню енергетичної безпеки країни, створенню нових робочих місць, економічному розвитку регіонів, дозволить покривати пікові навантаження в електромережі, утилізувати відходи рослинництва та тваринництва, а також деякі відходи харчової промисловості. Старт біогазовим проектам в Україні дало введення з квітня 2013 р. "зеленого" тарифу (ЗТ) на біогаз. Щоправда, відповідний тариф невисокий та передбачає подальше зменшення. Значний потенціал виробництва та використання біометану в Україні зумовлений як наявними сировинними ресурсами, так і високою енергоємністю економіки, розвиненою системою газопостачання та широким доступом до нього населення (близько 70%), тож технічна можливість під'єднання виробників біометану до газорозподільчих мереж середнього та низького тиску для локального постачання біометану як замінника природного газу є. Станом на 2014 р. біоенергетика в Україні заміщувала 1,93 млрд куб. м/рік природного газу. Відповідно до чинних програмних документів, до 2020 р. природний газ необхідно замістити в обсязі 7,2 млрд куб. м/рік – шляхом використання аграрних відходів, біомаси з енергетичних плантацій, а також кукурудзи саме для виробництва біогазу [2]. Для цього необхідно диверсифікувати внутрішнє виробництво котлів на біомасі та біогазі, сприяти розвитку внутрішнього ринку біомаси та проводити інформаційні кампанії щодо можливостей енергетичного використання біомаси в системі теплокомуненерго. Зважаючи на дослідження, біогаз з відходів тваринництва може задовольнити частину попиту на природний газ. Попри те, що частка енергії з біогазу у енергетичному балансі країни може бути не надто висока, біогаз має важливе значення з точки зору сталого розвитку, оскільки мінімізує негативний вплив на довкілля. Належне управління відходами у поєднанні з виробництвом енергії дає дуже хороші результати з точки зору скорочення викидів парникових газів та виходу енергії навіть для мікробіогазових установок.

Використання біомаси та біогазу має значний потенціал виробництва тепла та електроенергії завдяки наявним залишкам рослинництва та

тваринництва у сільському господарстві, сприятливим кліматичним умовам, наявністю сільськогосподарських угідь, відносно недорогою робочою силою та великою кількістю полігонів твердих побутових відходів. У 2015 р. потенціал біомаси був достатнім для заміщення близько 27 млн. тон умовного палива енергії на рік. Відповідно до розрахунків Біоенергетичної асоціації України, нові біоенергетичні потужності, встановлені в 2015 р., дозволили замістити близько 500 млн. куб. м природного газу, а фактично біоенергетика замістила 3 млрд. куб. м газу на рік.

Найбільш перспективними зараз є проекти коґенераційних установок на біомасі, особливо ті, що встановлені на цукрових заводах, фермерських господарствах та заводах із переробки соняшника. Іншим важливим джерелом біогазу є полігони ТПВ. Потенціал біомаси використовується ще не повністю, проте ситуація очікувано покращиться у разі реалізації Закону України "Про внесення змін до Закону України "Про теплопостачання" щодо стимулювання виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії" № 1959 від 21.03.2017, оскільки ним передбачено фінансовий механізм для роботи котелень не на природному газі [2].

Найбільший потенціал для виробництва біогазу є у Дніпропетровській, Донецькій та Київській областях – 150 тис тон нафтового еквівалента/рік. Незважаючи на те, що поголів'я великої рогатої худоби в 2015 р. знизилося порівняно з 2000 р. у шість разів, поголів'я курей зростає (за 2000–2013 рр. воно виросло уп'ятеро). Поголів'я птиці очікувано зростатиме в майбутньому, а поголів'я свиней і великої рогатої худоби продовжуватиме знижуватися.

За оцінками НТЦ "Біомаса", потенціал біогазу, отриманий з відходів сільського господарства, харчової промисловості, звалищ, стічних вод промислових підприємств, становить до 3,2 млрд. куб. м метану (CH_4) на рік (табл. 1.1). Потенціал використання біогазу за різними одиницями вимірювання наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Річний економічно доцільний потенціал використання біогазу в Україні

Роки	Млн. куб. м	ТДж	Млн. т н.е.
2017	207	4547	0,1086
2018	413	9094	0,2172
2019	620	13642	0,3258
2020	827	18189	0,4344
2021	1033	22736	0,5431
2022	1240	27283	0,6516
2023	1447	31831	0,7603
2024	1654	36378	0,8689
2025	1860	40925	0,9775
2026	2067	45472	1,0861
2027	2274	50020	1,1947
2028	2480	54567	1,3033
2029	2687	59114	1,4119
Разом	**18809,0**	**413798,0**	**9,8834**

Таблиця 1.1

Економічно доцільний потенціал біогазу в Україні

Тип підприємства	Основний вид відходів	Вміст сухої речовини, %	Кількість компаній, од.	Усього відходів, млн т/рік	Потенціал виробництва біогазу, млн куб. м/рік
Тваринницькі ферми	Послід	10–12	5734	20,5	719
Свиноферми	Послід	7–10	6515	4,7	180
Птахофабрики	Послід	25–30	861	2,9	326
Пивоварні	Післяспиртова барда	20–25	50	1,4	171
Цукрозаводи	Меляса	10–12	184	6,5	216
Спиртозаводи	Післяспиртова барда	6–8	82	4,5	180
Переробка молока/виробництво сиру	Молочна сироватка	6–7	300	0,9 2,5	90
Енергетичні плантації	Силос кукурудзи	20–35	842000 га (18% площі доступних земель)	1610	
Разом				-43,9	3492

Станом на 2017 р., в Україні працюють близько десяти великих біогазових установок. За оцінками IRENA, в Україні використовується менше 5% потенціалу біогазу від АПК. У 2014 р. було використано 49,5 млн куб. м біогазу з сільськогосподарських відходів та 33 млн куб. м біогазу з полігонів ТПВ.

В українському АПК існують поодинокі приклади запровадження біогазових установок. Перша з нині працюючих на відходах тваринництва БДУ промислового типу, була побудована 1993 р. на свинофермі комбінату «Запоріжсталь». Довгий час ця установка залишалася єдиною. Через десять років було запущено БДУ компанії «Агро-Овен», ще за п'ять років біогазовими технологіями зайнялися підприємства «Еліта», «Українська молочна компанія» (УМК) [3]. Станом на 2013 р. на базі сільськогосподарських підприємств в Україні функціонували п'ять біогазових установок (табл. 3).

Таблиця 1.3

Підприємство	Рік запуску	Кіль-ть	Види сирця	Сировина, т/доб	Обсяг реакторів, $м^3$	Електро потужність, кВт	Технологія
Свиноферма комбінат «Запоріжсталь», г. Запоріжжя	1993	8000-12000	Гной свиней	20…22	595	-	Bigadan Ltd”, Данія
Свиноферма корпорації «Агро-Овен», с. Оленівка, Дніпропетр. обл.	2003	15000	Гной свиней, жирові відходи вибою птиці	80	2 х 1000	180	BTG, Голландія

С/х компанія «Еліта», Терезине, Київська обл.	2009	1000	Гной (90% ВРХ+ 10% по СВ)	60	1500	250	LIPP, Німеччина
Ферма КРС «УМК», с. В. Круполь, Київська обл.	2009	4000 + 2000	Гной ВРХ	400	3 х 2400 + 1000	625	Зорг, Україна/ Німеч-чина
МХП, птахофабрика «Орель- Лідер», Дніпропетр. обл.	2012	30 млн голів/ рік	Послід птиці + силос	140 т посліду + 80 т силосу	10 х 3500	2000 (5000)	NVT, Голландія

Біогазова установка на комбінаті «Запоріжсталь» була впроваджена з метою очищення стоків та зменшення споживання енергії, на сьогоднішній день енергетична (теплова) утилізація біогазу реалізується на власні потреби свинокомплексу комбінату.



Рис. 1.5. БДУ компанії «Еліта», Терезине, Київська область

На свинокомплексі корпорації "Агро-Овен" електроенергія, що виробляється на біогазовій установці, також споживається на власні потреби підприємства, при цьому когенераційна установка не підключена до загальної електромережі.

Після двох років експлуатацію БДУ компанії «Еліта» було припинено у 2011 р. у зв'язку з нерентабельністю роботи за відсутності «зеленого» тарифу. Єдиною біогазовою установкою, підключеною до мережі, є на сьогоднішній день БДУ на фермі ВРХ УМК. Компанія УМК отримала дозвіл на подачу виробленої е/е в мережу та її продаж за спеціальним тарифом (нижче за ринковий тариф на е/е з мережі для промислових підприємств). Компанія планувала збільшення виробництва біогазу та нарощування загальної потужності КДУ до 1,0 МВт за рахунок використання додаткових рослинних субстратів.

Корпорація «Миронівський хлібопродукт» (МХП) розпочала роботи з будівництва біогазової станції на птахофабриці «Орель-Лідер» на Дніпропетровщині навесні 2012 р. БДУ, що працює на курячому посліді, запущена в експлуатацію в грудні 2012 р.



Рис. 1.6. БДУ на фермі ВРХ Української Молочної Компанії
с. В. Круполь, Київська область

Електрична потужність КДУ у липні 20 становила 2 МВт, компанія планує вийти на встановлену потужність 5 МВт. Корпорація МХП планує досягти енергетичної незалежності в межах окремого підприємства за допомогою енергії, яка отримується з біогазу. Проект також передбачає переробку забродженої маси з виробництвом органічних добрив.

БДУ на птахофабриці «Орель-Лідер» є пілотним проектом для корпорації, яка планує будівництво аналогічних БДУ на Миронівській птахофабриці та птахофабриці «Дружба народів Нова» (Крим).

Біогазові установки мають численні переваги порівняно з викопним паливом та іншими видами ВДЕ:

– поєднання відходів сезонно діючих підприємств (наприклад, цукрозаводів) з відходами ферм дозволяє виробляти енергію протягом усього року;

– створення нових робочих місць або нові можливості отримання доходів протягом року для робітників, зайнятих на цукрових заводах, які в Україні розташовані переважно у невеликих містах і часто виступають основним роботодавцем міста;

– утилізація дуже широкого кола сільськогосподарських залишків;

– виробництво органічних добрив, які можна використовувати для органічного землеробства (ще один шлях підвищення конкурентоспроможності сільського господарства України);

– сучасне управління поводженням з сільськогосподарськими відходами, особливо щодо гною (що сприяє зменшенню запаху, відновленню ґрунту, збереженню потенційних земель сільськогосподарського призначення, які могли би бути використані під відстійники);

– можливість виробництва енергії поблизу місць виникнення сільськогосподарських відходів (що не потребує транспортування палива на

великі відстані);

– можливість покриття пікового навантаження в мережі та провалів енергогенерації, створюваних переривчастими ВДЕ;

– поступовий перехід до моделі децентралізованого енергопостачання для місцевих громад;

– збільшення використання біогазу, отриманого від виробництва цукру та сільськогосподарських відходів, сприятиме виконанню зобов'язань України щодо досягнення 11% частки ВДЕ у енергобалансі до 2020 р.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЙОГО ОТРИМАННЯ

2.1 Джерела біомаси

Біомаса є найдавнішим і найчастіше використовуваним джерелом відновлюваної енергії. До біомаси відносять відходи домашніх господарств, продукти життєдіяльності міського господарства, наприклад: опале листя, відходи сільськогосподарського та промислового виробництва, рубки лісу тощо. . Біомаса є третім за величиною джерелом енергії на світі. Згідно з визначенням Європейської комісії, до біомаси відносять придатні до розпаду продукти харчування, відходи сільськогосподарського виробництва (включаючи субстанції рослинного та тваринного походження), лісового господарства та пов'язаних з ними галузей промисловості, а також відходи промисловості та міського господарства, що підлягають біологічному розпаду.

Розрізняють три різновиди біомаси: тверда, рідка та газова. З метою виробництва енергії використовується деревина та відходи її переробки, спеціально вирощувані рослини, продукція сільського господарства або її органічні відходи, деякі відходи житлово-комунального господарства та промисловості. Чим нижчий вміст води і чим вища питома вага, тим вища енергетична цінність біомаси. Наприклад, дуже цінним паливом є деревні брикети, що виготовляються на основі подрібнених відходів. Таке збагачене паливо отримують у процесі сушіння, подрібнення та ущільнення біомаси. На сьогодні вартість обігріву таким паливом значно нижча порівняно з мазутом.

При очищенні стічних вод і на сміттєзвалищах з'являється біогаз, який є сумішшю головним чином метану та вуглекислого газу. Його можна використовувати для виробництва електроенергії за допомогою турбін, теплової енергії у спеціальних котлах та обох видів енергії – у пристроях змішаного типу. Істотно те, що у такий спосіб усувається викид метану в

атмосферу та створюються передумови для нейтралізації наслідків глобального потепління клімату.

Розглядаючи рідинний стан, найбільше значення має етанол, який виробляють із рослин із високим вмістом цукру, та біодизель, що виробляється з олійних культур. В результаті ферментації, гідролізу або піролізу, наприклад кукурудзи та цукрової тростини, отримують етанол та метанол – біопаливо, яке додають до традиційного пального. Близько 90 % виробленого США етанолу використовується для виробництва палива E10, що містить 10 % етанолу і може використовуватися у звичайному бензиновому двигуні. У той же час паливо E85, що містить 85% етанолу та 15% бензину, можуть використовувати лише спеціально обладнані автомобілі [4].

Серед видів твердого біопалива найбільшого поширення набули брикети, які можна виробляти з будь-якої рослинної біомаси (найчастіше це очерет, стружка, інші відходи деревини, солома), і пилети, для яких сировиною служить кора, деревна стружка, енергетичні рослини та солома. Рідке біопаливо також виробляють із різноманітної сировини, з використанням різних технологій. Що стосується газоподібного біопалива, то крім біогазу використовується також деревний газ, який отримують у процесі піролізу.

Енергетичні рослини можуть використовуватися для вироблення теплової та електричної енергії, а також виробництва рідкого та газового палива. Енергетичні рослини можна спалювати або повністю, або у вигляді брикетів або пилет. Крім того, енергетичні рослини швидко ростуть, мають високу теплоємність і стійкі до хвороб та шкідників.

Розрізняють чотири групи енергетичних рослин:

- однорічні (зернові, коноплі, кукурудза, ріпак, соняшник, сорго, очерет);

- дерев'яні (тополя, осика, верба, евкаліпт);

- багаторічні (міскантус, очерет, канарковий очеретяний, арундо очеретяний);

- вільно зростаючі породи дерев.

Використання відходів сільськогосподарського виробництва дозволяє уникнути втрат продукції та розв'язує проблему утилізації. Сировиною для отримання енергії можуть бути солома, сіно, цукрові буряки, цукрова тростина, картопля, ріпак, відходи овочевої продукції або продукти життєдіяльності тварин. Найчастіше використовується солома всіх видів, проте найціннішою вважається солома жита, пшениці, ріпаку та гречки, а також качани кукурудзи. Оскільки солома зернових культур використовується головним чином як корм та підстилка для свійських тварин, для виробництва електроенергії використовують її надлишок. З іншого боку, солома ріпаку, соняшнику та бобових культур не використовується у сільському господарстві.

До рідкого біопалива відносять: олія рослинна, продукти піролізу біомаси, біодизель (ректифікована рапсова олія), етанол. На сьогодні висока вартість рослинної олії не дозволяє на її широке використання в енергетиці. Водночас продовжується пошук таких рослин, які можуть використовуватись виключно в енергетиці.

Запаси біомаси доступні у всьому світі. Це джерело більш надійне, ніж вітрова або сонячна енергія. Відповідну сировину можна складувати та використовувати залежно від потреб, а транспорт та складування не створюють таких загроз для навколишнього середовища, як у разі нафти чи природного газу. Використання біомаси зменшує ризик лісових пожеж, у той час як вирощування рослин з метою виробництва енергії дозволяє використовувати непрямі землі та рекультивувати ділянки з підвищеним вмістом важких металів. Використання біомаси підтримує розвиток сільського господарства та створює позитивний суспільний ефект, оскільки зростаючий попит на сільськогосподарську продукцію стимулює попит та створює постійні робочі місця.

2.1.1 Сировина рослинного походження

Пропонується ділити їх на дві групи за умов зростання: а) наземну сировину і б) водну сировину. За запасами біомаси ці групи цілком можна порівняти, але водна сировина на сьогодні використовується у всіх сферах людської діяльності значно меншою мірою, ніж наземна. Тому класифікація його поки що не розглядається, хоча слід зазначити, що воно становить великий інтерес для біопалив і роботи з ним ведуться інтенсивно.

Наземна сировина ділиться на однорічну та багаторічну. В обох випадках для виробництва біопалив використовують як цілі рослини, так і окремі їх частини – насіння, плоди, стебла, гілки тощо; і в обох випадках використовують відходи заготівлі, зберігання та переробки (тверді та рідкі).

З сировини рослинного походження виробляють тверді, рідкі та газоподібні біопалива.

Класифікація сировини рослинного походження для біопалив представлена рис 2.1.

У цьому розділі не розглядається торф як сировина рослинного походження. Це зроблено через те, що тут розглядається лише відновлювана сировина; торф є викопною сировиною.

З різновидів сировини, представлених на рис. 2.1, найбільший інтерес в даний час представляють коренеплоди (цукровий буряк, солодка картопля), насіння (злакових та олійних культур), стебла (цукрова тростина, сорго). Ведуться роботи з селекції та впровадження у виробництво нових спеціальних рослин для виробництва біопалива, зокрема, що відрізняються невибагливістю, здатністю виростати на бідних ґрунтах та в посушливих районах і давати хороший урожай або біомаси в цілому (так звані енергетичні рослини), або добре продукувати вуглеводи, чи олії, чи – навіть – вуглеводні.

З енергетичних рослин відомі евкаліпт (Бразилія), верба, що швидко

росте, здатна за один сезон виростати до висоти 4 метрів; однорічна трав'яниста рослина міскантус (відома як слонова трава), здатна виростати до 4-метрової висоти та давати врожай біомаси до 60 т/рік з 1 га, що еквівалентно за енергетичним потенціалом 28т нафти [3].

З рослин, що активно продукують вуглеводи, для виробництва біоетанолу становлять інтерес інулінмістки культури і, в першу чергу, топінамбур; зокрема, гібрид топінамбуру та соняшника (топісонячник) відрізняється не лише високою цукристістю бульб (18-19%), але також – стебел та листя (до 14%); з інших інуліномістких рослин цікавий оман і цикорій. Особливий інтерес може представляти цукрове сорго як чудова альтернатива цукровому буряку (якщо його розглядати як сировину для біопалива); в даному випадку стебла цукрового сорго після вилучення з них цукрів самі по собі є хорошим біопаливом.

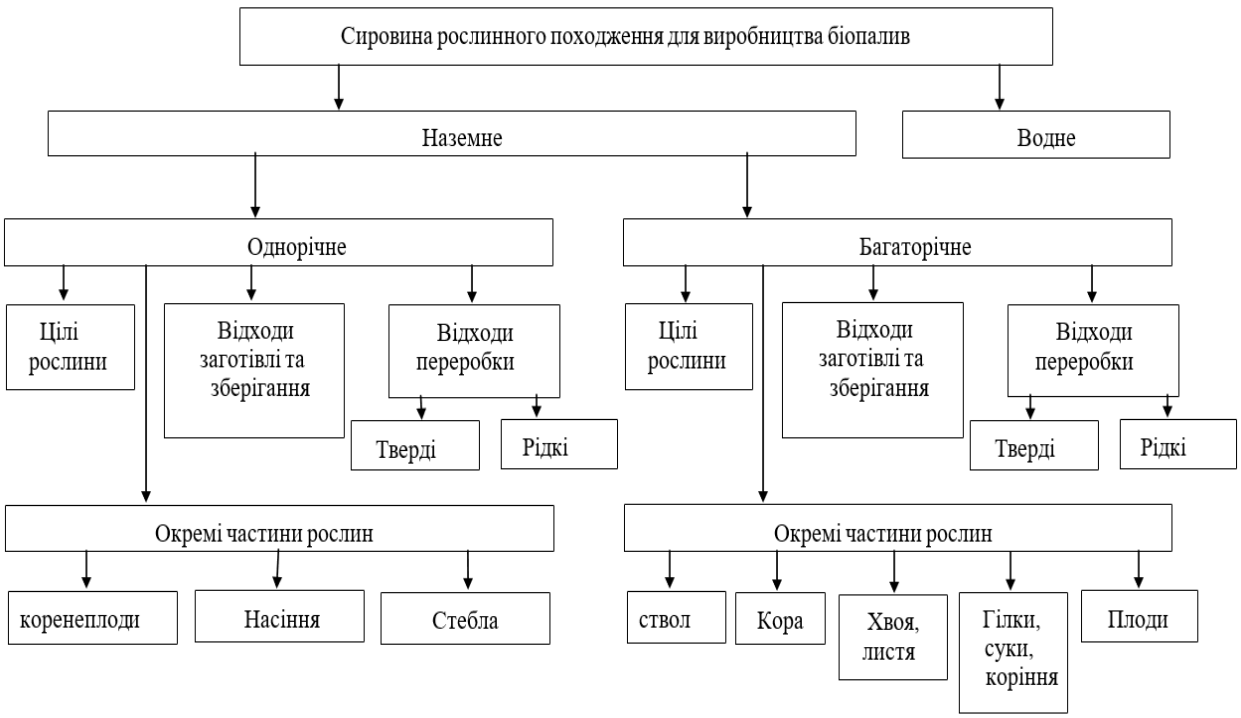


Рис. 2.1 – Класифікація сировини рослинного походження для виробництва біопалив

З рослин – продуцентів олій в якості нових культур пропонується вирощувати однорічні трави рудик і ятрофу, що відрізняються невибагливістю

та посухостійкістю. Високою продуктивністю характеризується західноафриканська олійна пальма, з 1 га плантації якої можна щорічно виробляти від 4-6 до 14-16 (для нововиявлених різновидів) тон олій.

З рослин – продуцентів вуглеводнів виявлено нафтовий горіх (що виростає на Філіппінах) та молочай чиноподібний (що виростає у США та Японії).

Як зазначалося вище, водні рослини в даний час не використовуються як сировина для виробництва біопалив. Однак перспективність такого використання є безперечною. Однією з найважливіших переваг водних рослин перед наземними є надзвичайно висока продуктивність, тобто вихід біомаси з одиниці площі за одиницю часу; за цим показником окремі види водних рослин перевершують наземні у кілька разів. Вже є десятки проектів з промислового культивування водоростей як у відкритих водоймах, так і у спеціальних аквареакторах. Унікальною особливістю водоростей є здатність деяких видів накопичувати у своїй біомасі до 80% ліпідів або вуглеводнів, що дає підставу вважати їх дуже перспективною сировиною для рідких біопалив (біодизель і біонафта).

Особливо слід обмовитися про мікроводорості. За своїм розміром вони зіставні з мікроорганізмами (бактеріями тощо), але суттєво відрізняються від них наявністю хлорофілу; саме тому їх відносять до рослин. Мікроводорості здатні мешкати у водних середовищах, отже, їх можна розглядати як водні рослини.

На жаль, дуже мало для виробництва рідких і газоподібних біопалив використовуються деревна сировина і стічні води, що утворюються при переробці рослинної сировини в товарну продукцію.

Освоєння цих видів сировини – актуальне завдання сфери виробництва біопалив.

2.1.2 Сировина тваринного походження

Склад сировинних джерел цієї групи та їх класифікація представлені на рис. 2.2.

Ресурси сировини цієї групи, мабуть, настільки ж великі, як і ресурси сировини рослинного походження.

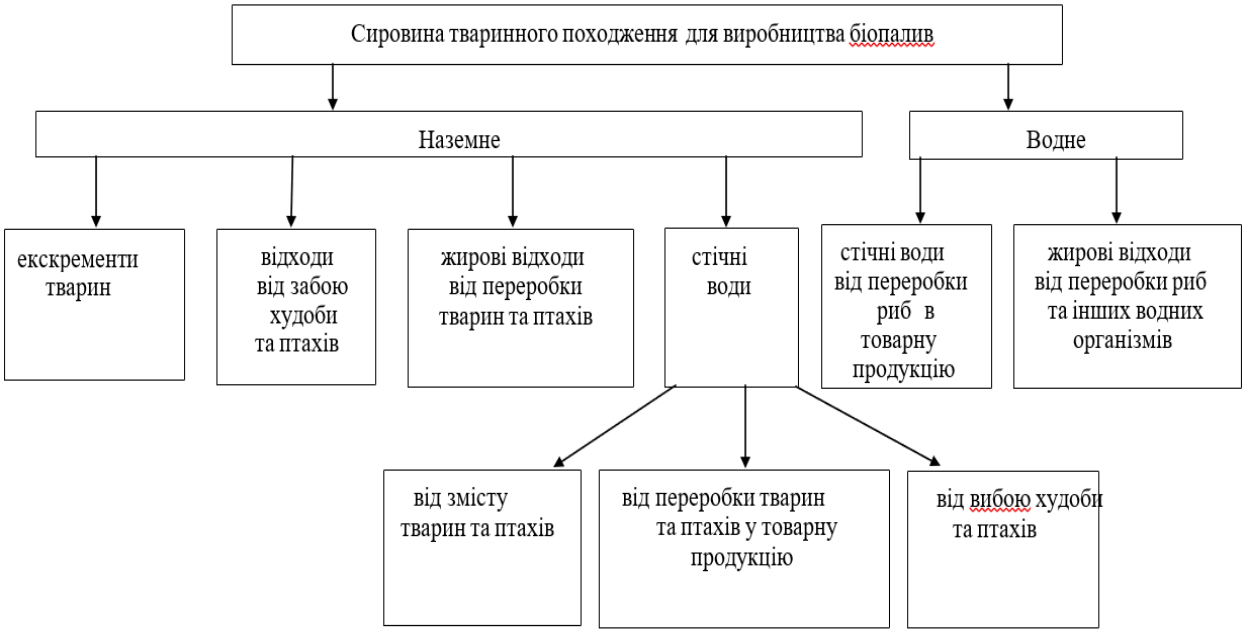


Рис. 2.2 – Класифікація сировини тваринного походження для біопалив

2.2 Основні технології виробництва біопалива

Фізичний вплив. До фізичних методів обробки сировини відносяться підсушування та екстракція.

Підсушування застосовують, зокрема, при виробництві пелет та брикетів, а екстракцію – при вилученні олій з насіння олійних культур при виробництві біодизелю, а також – при вилученні сахарози з цукрових буряків при виробництві біоетанолу.

Фізико-механічний вплив. Подрібнення сировини застосовують при виробництві багатьох біопалив як прийом інтенсифікації процесів та

підвищення виходу продукції.

Пресування застосовують з метою видалення вільної вологи з сировини, або з метою відокремлення олії (з олійних культур) або отримання гранул (або брикетів).

Хімічний вплив. Етерифікацію застосовують під час виробництва палив «біодизель».

Каталіз застосовують під час виробництва біонафти.

Біохімічний вплив. Його застосовують при виробництві спиртів, а також – біогазу, біометану та біоводню. Агентами такого впливу є ферменти чи мікроорганізми.

Термічний вплив. Його застосовують при виробництві біонафти (швидкісний піроліз або термозрідження рослинної сировини), при виробництві вугілля (звичайний піроліз), метилового спирту та рідких вуглеводнів (газифікація сировини).

Комбінований вплив. При виробництві більшості біопалив використовують не один, а кілька прийомів на сировину.

2.2.1 Тверді біоенергоносії

Тверді біопалива із сировини рослинного походження.

Всі різновиди твердих біопалив досить добре відомі за винятком деревних гранул (пелет) і тому в цьому розділі обмежимося розглядом виробництва пелет.

Пелети – це вироби циліндричної форми, спресовані методом екструзії із попередньо подрібненої та висушеної рослинної сировини. Діаметр пелет І класу 6-8 мм, насипна щільність 600 кг/м^3, наявність кори та сполучних неприпустимо. Теплота згоряння близько 17 МДж/кг [5].

Діаметр промислових гранул 8-12 мм.

Як сировину можна використовувати деревину, соняшникове лушпиння, лушпиння насіння, солому злакових культур, очерет, підстилковий гній та послід від утримання тварин та птахів, тверді побутові відходи, опади стічних вод.

Сушіння сировини здійснюють на стрічкових або барабанних сушарках; останні працюють або на топкових газах від спалювання частини вихідної сировини, або на теплоносії, що циркулює в нагрівальному регістрі.

Температура сушильного агента на вході до сушарки 250-280 ˚С, на виході – 75-100 ˚С. Вологість висушеної сировини 8-15 % [4].

Подрібнення сировини здійснюють на дробарках барабанного або молоткового типу.

Якщо сировина пересушена (має вологість менше 8 %), то частки її погано склеюються при гранульовані. В цьому випадку потрібно зволожити сировину (перед пресуванням) водою або парою з подальшим витримуванням для вирівнювання вологості.

У процесі пресування сировина саморозігрівається до 70-90 ˚С, тому пелети необхідно охолоджувати; його поєднують з просіюванням; дрібну фракцію повертають у бункер перед пресом-гранулятором.

По теплоті згоряння 1 т гранул еквівалентна 1,6 т деревини, 480 м^3 природного газу, 500 л дизельного палива або 700 л мазуту.

Ступінь використання деревних відходів як паливо у всьому світі постійно зростає; У Фінляндії вона становить 53%, Німеччини – 62%, США – 70% [5].

За прогнозами, обсяг виробництва пелет у державах ЄС до 2020 року складе від 50 до 80 млн. т/рік.

Тверді біопалива із сировини тваринного походження.

В даному випадку сировиною є кінський, коров'ячий, свинячий гній або пташиний (переважно курячий) послід.

Кінський гній з давніх-давен використовують у натуральному вигляді для обігріву теплиць, укладаючи його в теплицях певним чином. Поступово гній саморозігрівається (внаслідок розвитку в ньому біотермічних процесів) до 70 - 80^0 і протягом деякого часу виділяє тепло, що сприяє росту рослин. Подібним чином використовують коров'ячий гній, додаючи до нього тирсу, торф або солому.

Коржики коров'ячого гною після їх природного підсушування здавна використовують у приватних господарствах як побутове паливо.

При промисловому вмісті великої рогатої худоби гній переробляють у паливо також промисловим способом: його сушать та брикетують. Теплота згоряння брикетів близько 9 МДж/кг.

При промисловому вмісті птахів утворюється так званий підстилковий послід (суміш курячого посліду з тирсою або соломою), який використовують як паливо в натуральному вигляді у власних котельних птахофабрик. Теплота згоряння близько 10 МДж/кг.

2.2.2 Рідкі біоенергоносії

Біоетанол. Серед усіх видів біопалив біоетанол є багатотоннажним продуктом. Світовий обсяг виробництва паливного етанолу становить близько 60 млн. т/рік та щорічно збільшується приблизно на 5%. За оцінками фахівців, стійке зростання виробництва паливного етанолу збережеться принаймні до 2020-2030 років. Основним напрямом використання паливного етанолу є використання як компонент моторного палива або навіть – самостійного моторного палива.

Найбільших успіхів у виробництві паливного етанолу досягли Бразилія і США, на частку яких припадає 70% етанолу, що виробляється у світі [4].

Нині США близько 30% всього бензину виробляють із додаванням біоетанолу. Слідом за США та Бразилією найбільшим виробником біоетанолу є Китай.

У Японії понад 40 великих фірм інвестують розробки у сфері виробництва біоетанолу та інших біопалив, у своїй робиться використання як сировини морських водоростей.

Сировиною, що традиційно використовується для виробництва етанолу, є зерно, картопля, цукровий буряк, цукрова тростина, цукрове сорго, меляса.

Вихід етанолу по відношенню до сировини (в дал/т) становить: із зерна 34-36, з картоплі 9-12, з цукрових буряків 12, з цукрової тростини 6-8, з цукрового сорго 9-15, з топінамбуру 9-13 , з меляси 30-35.

Вихід біоетанолу при переробці різної сировини, виражений у літрах на 1 га складає: ячмінь – 1500, пшениця – 2000, кукурудза – 2500, цукровий буряк – 3000, солодке сорго – 4000, цукрова тростина – 50.

Основні витрати ресурсів у розрахунку 1 літр етанолу: електроенергія – 0,3 кВт*ч, теплоенергія – 10 МДж, вода – 3л.

Собівартість етанолу на 70-80% залежить від витрат за сировину; найнижча собівартість – близько 200 євро/т – при переробці цукрової тростини, найвища – 1000-1100 євро/т – при переробці картоплі.

Продуктивність заводів з етанолу в млн. л/рік: у США – 30-40, у державах ЄС – 15-20. За оцінками зарубіжних фахівців, будувати заводи продуктивністю менше ніж 7,5 млн. л/рік економічно недоцільно [7].

Блок-схема виробництва етанолу із зерна чи картоплі представлена на рис.2.3. Підготовка сировини полягає, як правило, у подрібненні сировини та її водно-тепловій обробці; оцукрювання - під дією спеціальних ферментних

препаратів; зброджування цукоровмісних середовищ – під дією дріжджів (у ряді сучасних технологій стадії оцукрювання та зброджування поєднані); відгін етанолу здійснюють на двоколонних брагоректифікаційних установках; остаточне зневоднення – на цеолітах.

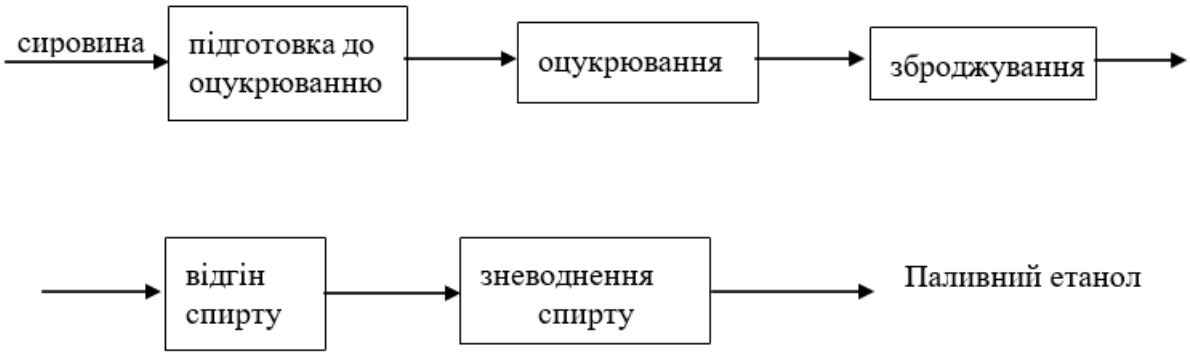


Рис. 2.3 – Блок-схема виробництва паливного етанолу із зерна та картоплі

На рис. 2.4 представлена блок-схема виробництва етанолу з цукровмісної сировини. Сутність першої стадії – це екстракція цукру із сировини за допомогою води (у разі переробки меляси – це розсипання меляси та очищення одержаного розчину від домішок).

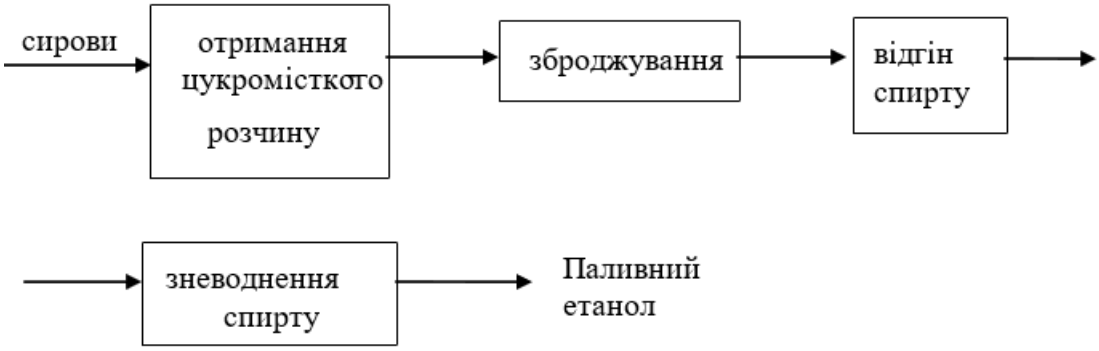


Рис. 2.4 – Блок-схема виробництва паливного етанолу з цукрової тростини, цукрових буряків, сорго, меляси

На сьогодні у світі переважна кількість паливного етанолу виготовляється із зернової сировини (щодобово на етанол переробляється 100 тисяч тон зерна).

У всьому світі ведуться роботи, спрямовані на залучення у виробництво етанолу нехарчової вуглеводневмісної сировини і, в першу чергу, деревини,

сумарний вміст полісахаридів в якій можна порівняти з вмістом їх у зерновій сировині. Складність полягає в тому, що технологія оцукрювання, що традиційно застосовується при переробці зерна та картоплі, для деревної сировини неприйнятна; необхідні інші прийоми підготовки деревної сировини до оцукрювання і необхідні інші ферментні препарати.

Поряд з ферментативним оцукрюванням целюлозовмісної сировини можлива і пряма мікробна біоконверсія в біоетанол.

Що ж до підготовки деревної сировини до ферментативного оцукрювання, то ефективного рішення, мабуть, поки не знайдено (справа в тому, що в деревині містяться лігніні речовини, що надають інгібуючу дію на ферменти, здатні оцукрювати целюлозу).

З енергетичної щільності біоетанол значно поступається бензину (теплоти згоряння 19,6 і 32 МДж/л відповідно). Однак, заміна бензину біоетанолом призводить до пропорційного зниження викиду парникового газу (CO_2) в атмосферу, крім того, різко знижується токсичність вихлопних газів.

Виробництво рідких біопалив із сировини тваринного походження

Єдиним видом рідкого палива з цієї сировини, що має перспективи промислового виробництва, є біодизель, оскільки при переробці сировини тваринного походження утворюються різні жири:

- очищений твердий жир (яловичий);

- палений тваринний жир (переважно свиняче сало);

- харчовий жир яловичий з обрізу жиру з кісток;

- кормові жири;

- лярд (свиняче сало);

- жири від переробки птахів;

- жирові відходи від переробки риб.

Як відомо, жири є складними ефірами гліцерину та жирних кислот. При обробці метанолом у присутності лужних каталізаторів ці ефіри омилюються і жирні кислоти, що вивільняються, утворюють відповідні метилові ефіри; гліцерин же, що утворюється в цьому процесі, - не використовується як біопаливо.

У зв'язку з цим значно більший інтерес представляє інший процес переробки тригліцеридів органічних кислот в рідке паливо: це процес каталітичного відновлення тригліцеридів воднем до відповідних вуглеводнів. Процес проводиться при 300-400 ˚С та тиску 2-10 атм з використанням кобальт-молібденового каталізатора; з однієї молекули тригліцериду утворюються 3 молекули води, решта – суміш рідких вуглеводнів – ідеальне дизельне паливо «суперцетан» [6].

Слід зазначити, що цей процес застосовується не тільки до тригліцеридів тваринного походження, але також – і рослинного.

2.2.3 Газоподібне біопаливо

Біогаз - це відхід метаболізму спеціальних мікроорганізмів, що розвиваються на будь-яких субстратах біологічного походження в анаеробних умовах. Відповідний біологічний процес розвитку мікроорганізмів з утворенням біогазу називають метановим бродінням, оскільки основний компонент біогазу – це метан; частка метану в біогазі від 50 до 70 %, решта припадає переважно на вуглекислий газ.

Метанове бродіння – найдавніший на землі біологічний процес, що протікає безупинно, повсюдно (переважно – у місцях накопичення органічних відходів) й у великих масштабах; все, що відмирає в природі, все, що використовує людина і потім викидає як непотрібне, природа переробляє з

використанням метаногенних бактерій і метан, що при цьому утворюється, потрапляє в атмосферу, що посилює її парниковий ефект.

Лише порівняно недавно людство усвідомило, що метаноутворюючі бактерії треба «покликати на службу», бо біогаз – це чудове паливо, яке можна виробляти з бросової сировини, а здійснивши метанове бродіння з урахуванням усіх досягнень в галузі біотехнології, можна виробляти біогаз інтенсивно, дешево і в більших обсягах, одночасно допомагаючи природі справлятися зі знищенням відходів.

З сировини рослинного походження першочерговою сировиною, що особливо потребує переробки в біогаз, є відпрацьовані технологічні розчини або стічні води різних виробництв, в яких переробляють рослинну сировину (наприклад, виробництва харчових продуктів, целюлози та ін.). Справа в тому, що ці розчини та стічні води при попаданні в природні водоймища завдають значної шкоди їх флорі та фауні; переробка ж їх у біогаз є своєрідною біологічною очисткою, в результаті якої забрудненість їх знижується в середньому в 10 разів (органічні речовини, що містяться в них, перетворюються на метан і вуглекислий газ).

В даний час розроблені та використовуються біореактори для обробки відпрацьованих технологічних розчинів та стічних вод метаноутворюючими бактеріями (альтернативна назва - біореактор для анаеробного біологічного очищення стічних вод), що характеризуються виключно високою продуктивністю, про яку можна судити за часом проходження середовища через біореактор. Це стало можливим завдяки відкриттю особливої якості метаноутворюючих бактерій – здатність до самогрануляції, тобто, утворенню щільних гранул, що легко осідають, розміром 1-3 мм (ефект Леттінга). З урахуванням цього ефекту час проходження середовища через анаеробні біореактори вдалося скоротити з 192-240 годин до 2-3 годин (UASB-реактори з висхідним потоком рідини через шар гранул), 1-2 годин (EGSB-реактори з розширеним і зваженим шаром гранул) і навіть до 0,5 години (реактори з

псевдозрідженим шаром). Вихід біогазу орієнтовно становить близько 0,3 $м^3$ на 1 кг органічних речовин, що містяться у стічних водах.

Теплота згоряння $1м^3$ біогазу становить 22 МДж, що еквівалентно спалюванню 0,6 л бензину, або 0,85 л етанолу, або 1,75 кг деревини [5].

Що стосується інших видів сировини рослинного походження (не рідких), то переробка їх у біогаз здійснюється у спеціальних біогазових установках, основним ядром яких є метантенки. Це герметично закриті апарати, як правило, циліндричної форми з конусними закінченнями, порожнисті, обладнані мішалками, або з циркуляційними насосами; основна частина об'єму апарату – це сховище біогазу.

Метантенки експлуатують як у періодичному, так і в безперервному режимах; час перебування середовища у них – 8-15 діб. Зменшення маси сировини (у розрахунку на суху речовину) загалом становить близько 50%, а вихід біогазу – близько $0,3м^3$ на 1кг сухих речовин. Відпрацьовану сировину (зброджений осад) виводять із метантенка періодично або безперервно.

Важливими умовами ефективної роботи метантенка є вологість вихідної сировини (зазвичай від 88 до 92%), її гомогенність, розмір часток та температурний режим; переважно вихідну сировину піддавати подрібненню до розміру частинок менше 1 мм, що значно збільшує вихід біогазу.

Температурний режим у метантенках підтримують або в межах 30-35˚ (мезофільне бродіння) або 53-55˚ (термофільне бродіння); останній режим краще: по-перше, процес протікає швидше; по-друге, покращуються гігієнічні властивості збродженого залишку (усуваються шкідлива флора та фауна, а також – токсичні речовини). Це важливо в тому відношенні, що зброджені залишки (від переробки будь-якої сировини біологічного походження) мають хороші властивості добрива і охоче використовуються виробниками сільгосппродукції в якості органічних добрив.

Масштаби використання біогазової переробки різних відходів біологічного походження у всьому світі дуже значні та постійно розширюються; важливо, що така переробка легко здійсненна у промислових обсягах, а й у приватних селянських подвір'ях. Тільки КНР в експлуатації перебувають близько 40млн. біогазових установок.

Біометан.

Біометан виробляють із біогазу шляхом його очищення від вуглекислого газу та інших домішок, що зумовлюють неприємний запах. Зміст метану в очищеному продукті становить 92-97%, теплота згоряння 35-40 МДж/м^3. Фахівці вважають, що в стислому або зрідженому вигляді біометан може бути чудовою заміною бензину, оскільки екологічно він чистіший, теплота згоряння та октанове число у нього вище, ніж у бензину (50-55 МДж/кг і 110 відповідно) [7].

Для заправки автотранспорту біометаном можна використовувати газозаправні станції, що діють.

Газоподібне паливо із сировини тваринного походження

Біогаз - це основний вид біопалива, що виробляється з сировини тваринного походження, тому що головний ресурс такої сировини - це екскременти тварин і птахів (коров'ячий, свинячий гній; курячий послід). Щорічний обсяг сировини оцінюється у 520 млн. т; з нього потенційно можна виробити понад 40 млрд. м^3 біогазу.

2.3 Технологічне обладнання для отримання біопалива

Європейські країни успішно організують виробництво біодизельного палива (БДП) для тракторної техніки та автомобілів. Принцип виробництва БДП – трансестерифікація рапсового масла з метанолом чи етанолом у присутності каталізатору. Результатом трансестерифікації є активована суміш

біодизельного палива, гліцерину та інших компонентів. Зазвичай, виробництво олії та одержання біодизеля поєднують.

Розроблено універсальну гідродинамічну установку для виробництва БДП в умовах агропромислового виробництва диспергуванням на молекулярному рівні рапсової олії з етанолом в присутності каталізатору (наприклад, гідроксиду натрію). Принципову схему установки, її загальний вигляд і робочі елементи наведено на рис. 2.5–2.8.

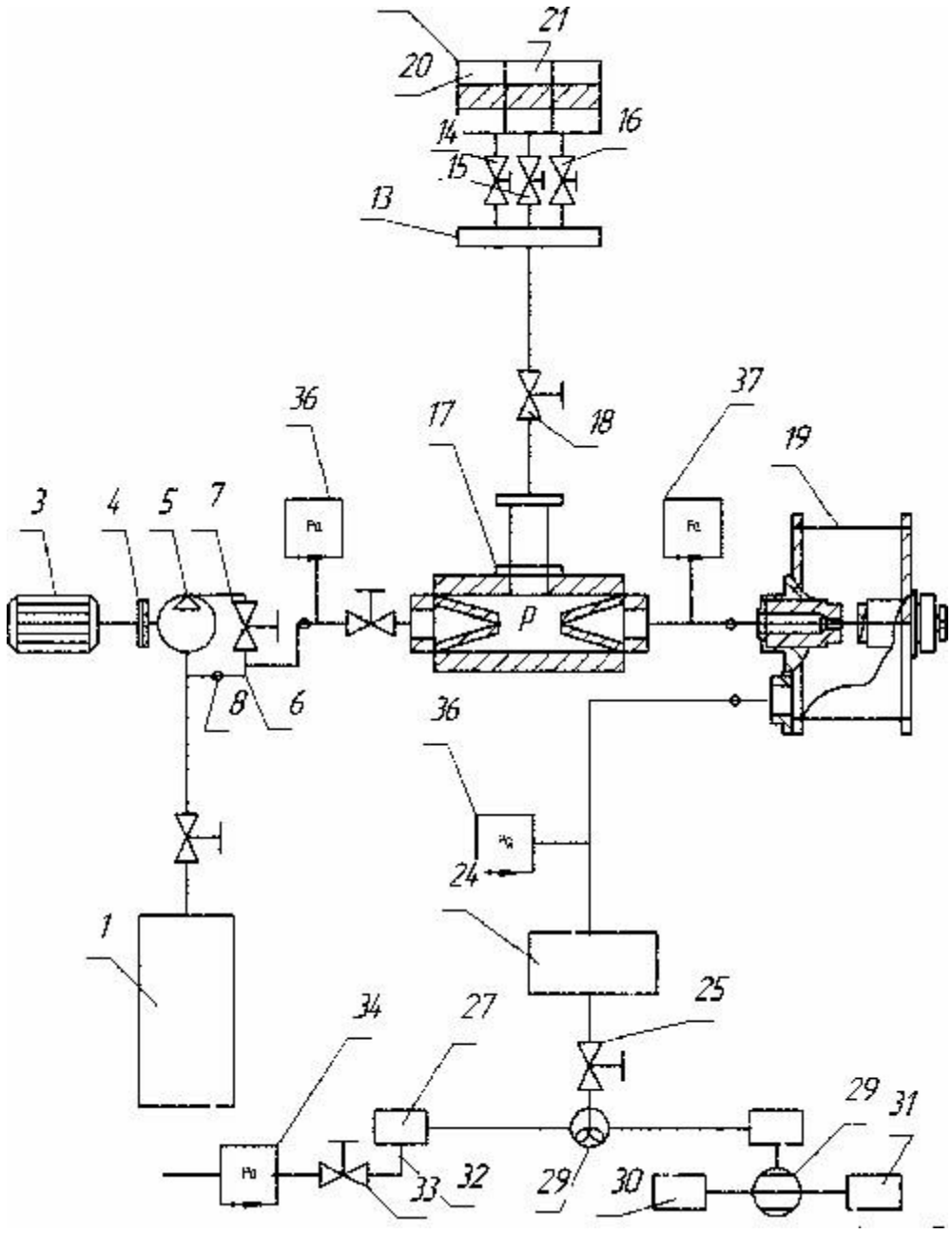


Рис. 2.5 – Універсальна установка для виробництва біодизельного палива

Установка складається з технологічної ємкості 1 для сировини (рапсова олія) і гідростанції, що складається з електродвигуна 3, муфти 4, насоса 5, байпаса 6 і вентилятора 7 для регулювання тиску олії в системі. Байпас 6 магістраллю 8 через кран 9 сполучено із дозатором-змішувачем 10 інжекторного типу й гідродинамічним диспергатором 19.

Дозатор-змішувач 10 і диспергатор 19 встановлені послідовно, при чому вихід дозатора з'єднаний із виходом диспергатора. Дозатор-змішувач 10 має порожнину розрідження Р між соплом 11 і розширювачем 12, розташованим у його корпусі.

Порожнину розрідження дозатора трубопроводом 17 сполучено з колектором 13. Колектор 13 з'єднаний арматурою через крани 14, 15 і 16 з внутрішніми порожнинами бака 35, що має три секції. Секція 20 призначена для дизельного палива, 21 – для метанолу, 22 – для каталізатору (гідроксид натрію). Вихід дозатора 10 з'єднаний із виходом гідродинамічного диспергатора 19.

Одночасно вихід із диспергатора трубопроводом з'єднаний із технологічною ємкістю 24, для гідродинамічної активації суміші рапсової олії з компонентами, що надходять із секцій 20, 21 і 22 крізь колектор 13 і дозатор-змішувач 10. Резервуар 24 краном 25 з'єднано з сепаратором 26 для розділення біодизеля й водно-гліцеринової суміші, що надходять відповідно в резервуари 27 і 28. Резервуар 24 оснащена дренажним трубопроводом 32 із краном 33 для видачі готової продукції. Резервуар 28 сполучено з фільтром 29, який, у свою чергу, з'єднаний з резервуаром 30 для гліцерину и 31 – для води. Установку обладнано манометром 36, датчиком температури 37, і витратоміром біодизеля 34.



Рис. 2.6 – Загальний вигляд установки для виробництва біодизельного палива



Рис. 2.7 – Робочий елемент установки для виробництва біодизельного палива

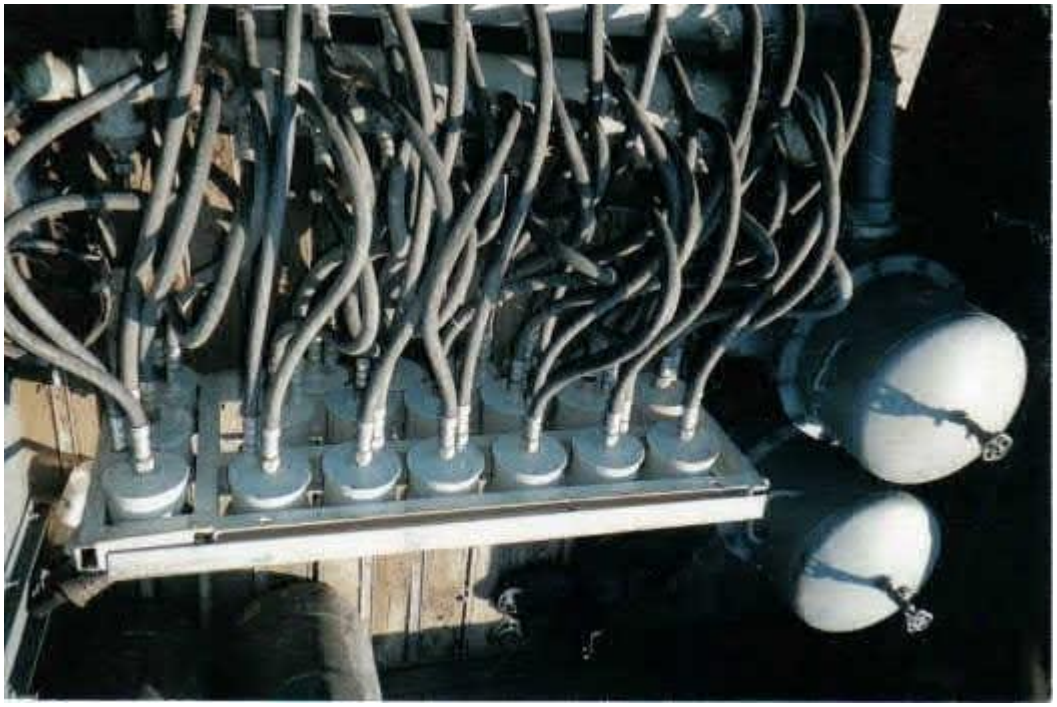


Рис. 2.8 – Вузол комутації установки для виробництва біодизельного палива

Установка конструктивно виконана блочно-модульною, є універсальною й може працювати в трьох режимах, а саме одержання біодизельного палива:

– диспергуванням холодно-пресованої очищеної рапсової олії, дизельного палива нафтового походження й метанолу за наявності каталізатору.

– із чистого метилового ефіру з динамічно активізованої суміші рапсової олії й метанолу, оброблених каталізатором.

– із суміші дизельного палива й рапсової олії диспергуванням компонентів на молекулярному рівні.

У першому режимі крани 14–16 відкриті для надходження в дозатор-змішувач 10 усіх компонентів. Після вмикання приводного електродвигуна 3 через муфту 4 починає працювати гідронасос 5, який всмоктує олію з ємкості 1

в байпас 6 і напірну магістраль 8 установки. Після цього краном 6 байпаса встановлюють робочий тиск у магістралі 8, який контролюють манометром 36. Рапсова олія під тиском надходить напірною магістраллю 8 при відкритому крані 9 і потрапляє в дозатор-змішувач 10. Одночасно при відкритих кранах 14–16 із секцій 20–22 у колектор 13 надходять компоненти, які змішуються і всмоктуються через кран 18 і трубопровід 17 в порожнину розрідження дозатора 10, де рапсова олія насичується компонентами суміші. Попередньо насичена суміш надходить у гідродинамічний кавітатор 19, де відбувається глибоке диспергування суміші компонентів на молекулярному рівні. Активована суміш надходить трубопроводом 23 у технологічну ємкість 24, а потім у сепаратор 26 при відкритому крані 25. У сепараторі 26, суміш розшаровується на біодизель і водно-гліцеринову суміш, які спрямовують у відповідні ємкості 27 і 28. Далі водно-гліцеринову суміш подають на фільтр 29, де з неї вилучають воду. Гліцерин зливають у ємкість 30, а воду – у 31. Готовий продукт з ємкості 27 трубопроводом 32 при відкритому крані 33 через витратомір 34 видають споживачеві.

У другому режимі установка працює при закритому крані 14 і відкритих кранах 15 і 16 для надходження метанолу й каталізатору в порожнину розрідження дозатора-змішувача 10. У третьому режимі установка працює при закритих кранах 15-16 і відкритому крані 14 для надходження дизельного палива у порожнину розрідження дозатора-змішувача 10. Подальші процеси є аналогічними роботі установки в першому режимі.

Результати роботи установки (табл. 2.1):

– одержаний біодизель за своїми фізико-експлуатаційними властивостями майже не відрізняється від дизельного палива нафтового походження (табл. 2.1);

– працездатність дизелів майже не змінюється навіть без модернізації вузлів та агрегатів;

– робота дизельних двигунів на біодизельному паливі є більш екологічно безпечною;

– велика продуктивність установки за біодизелем (1100 л/год), простота конструкції й невеликі габарити дозволяють використовувати її для забезпечення паливом фермерських господарств.

Таблиця 2.1

Порівняння одержаного біодизельного та традиційного палива

Паливо	Показники			
	Метанове число	Кінематична в'язкість при 20 °С, мм^2/с	Температура спалаху, °С	Густина при 20 °С, кг/м^3
Біодизельне з рапсової олії	40	7,83	52	848
Нафтове дизельне	50	6,0	40	860

2.4 Установки для використання біопалива

2.4.1 Теплоенергетичне обладнання

Технологічні рішення для виробництва теплової енергії з біомаси залежать від масштабу та призначення теплогенеруючих установок, а також виду біомаси, що використовується як паливо. Технології спалювання біомаси (рис. 2.9) розділяють на три основні типи: спалювання в шарі, пилове

спалювання, спалювання в псевдозрідженому стані, а також комбінований тип – сумісне спалювання біомаси з іншими паливами.

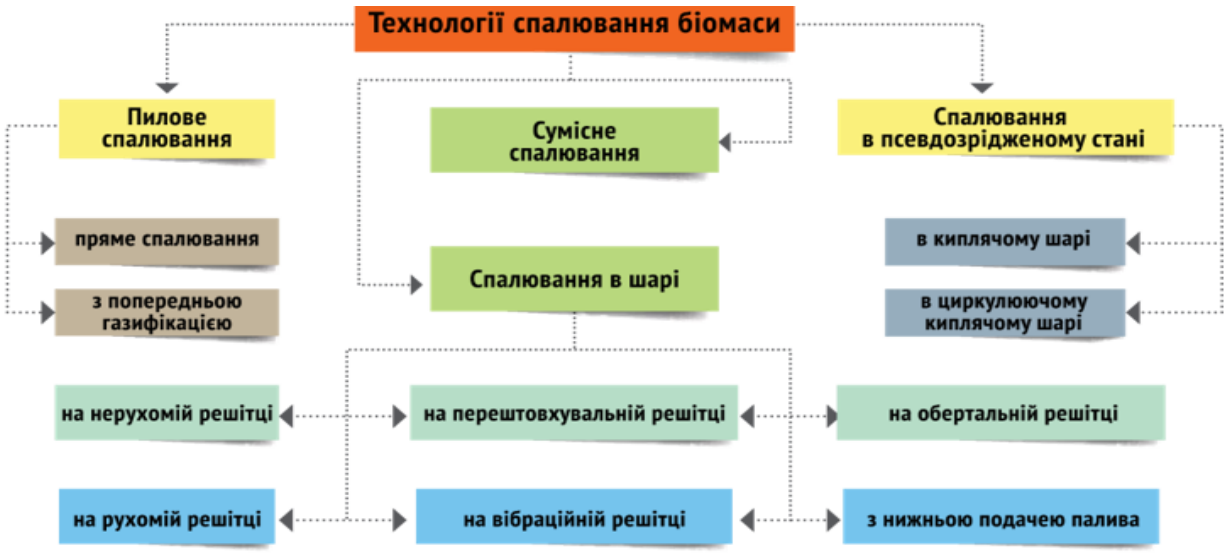


Рис. 2.9 – Технології спалювання біомаси

Котел, призначений для спалювання в шарі включає: паливну решітку на якій відбувається процес горіння, паливоживильний пристрій (механічний, гідравлічний чи пневматичний), систему подачі повітря та видалення золи. Первинне повітря подається під решітку і через отвори проникає в шар палива, де викликає процес газифікації горючих газів. Вторинне повітря подається над шаром палива (в зону окислення) й супроводжує процес згорання. Зола, що утворилась в процесі спалювання періодично видаляється шляхом струшування, зскрібання, зрушення або чищення.

Технологія спалювання в псевдозрідженому шарі передбачає спалювання свіжого палива в суміші розігрітого інертного матеріалу та золових часток. Завдяки великій швидкості первинного повітря, яке рухається крізь решітку, частинки палива та інертного матеріалу утримуються в завислому стані, що створює ефект зрідження. При такій технології відбувається рівномірне підведення повітря до горючої речовини, інтенсивний теплообмін між частками інертного матеріалу та палива, що призводить до ефективної газифікації. В залежності від організації руху суміші та конструктивного виконання

установки розділяють на спалювання в киплячому шарі та в циркулюючому киплячому шарі.

Технологія пилового спалювання придатна для спалювання палив з малим розміром частинок (до 20 мм). Суміш палива з первинним повітрям потрапляє через пальник в топку котла, де відбувається горіння й остаточне доокислення вторинним повітрям. Невелика частина золи, що утворюється під час спалювання, виноситься з димовими газами, а основна маса в твердому чи рідкому стані видаляється з нижньої частини топкової камери. Незважаючи на те, що пряме спалювання БМ являє собою найстаршу й найбільш розвинену технологію одержання енергії із БМ, дотепер є потенціал для її подальшого розвитку з погляду збільшення ККД і поліпшення екологічних характеристик. Основними технологіями спалювання деревної БМ, що наразі використовуються: спалювання в пальниках ретортного типу, спалювання на решітках, спалювання у вихоровій топці, спалювання в обертовій печі, спалювання в киплячому шарі, спалювання в циркулюючому киплячому шарі та ін..

Пряме спалювання є добре відпрацьованою промисловою технологією в усіх країнах й відрізняється своєю простотою та доступністю. Сучасне вдосконалення цих технологій іде по шляху вирішення проблем забруднення навколишнього середовища, пристосування до використання різних видів палива, підвищення ефективності спалювання та застосування в когенераційних системах. В таблиці 2.2 представлені основні способи спалювання рослинної біомаси та види топок та пальників та їх опис.

Таблиця 2.2

Основні способи спалювання рослинної біомаси

Технологія спалювання	Опис	Види топок, пальників
Шарове	У шарових топках паливо спалюється пошарово з подачею палива зверху або знизу	Колосникові грати (рухомі та нерухомі)
		Стокер
		Реторта
		Затиснутий шар
Вихрове (циклонне)	За допомогою системи повітряних сопел в топці (пальнику) створюється потужний вихор, в якому згорають зважені частинки біомаси	Вихрова топка
		Камерні пилові і циклонні топки
Розпилене	Дуже дрібні і сухі відходи деревини (вологістю до 20 %), наприклад, тирса та шліфувальний пил, лушпиння, можуть спалюватися у вихровому пальнику. Ця система нагадує систему спалювання пилоподібного вугілля	Вихровий пальник
Псевдозріджене	Паливо з високою вологістю та зольністю, суміші різних	Киплячий шар
		Циркулюючий

	видів палива, спалюються в турбулентній зоні над киплячим шаром інертного кварцового піску	киплячий шар
Обертове	В процесі спалювання сировина струшується і перемішується при безперервному обертанні циліндричної топки. Як правило використовується для вологого, зольного та неоднорідного виду палива, а зокрема ТПВ	Циліндричні обертові топки

Описані вище способи спалювання твердої біомаси знайшли своє втілення у різноманітних типах теплогенеруючого обладнання, теплова продуктивність якого охоплює широкий діапазон потужностей від побутових котлів до енергетичних установок.

Обладнання, що застосовується для прямого спалювання рослинної біомаси, варіюється від маленьких домашніх печей до великих котлів, що застосовуються на теплових та електричних станціях (більше 5 МВт). Проміжні за розміром установки включають маленькі опалювальні котли (від 10 до 50 кВт), що використовуються для опалення окремих будинків, опалювальні котли потужністю 50-150 кВт, що використовуються для опалення будинків, де мешкає кілька сімей, та котлів потужністю від 150 кВт до більших ніж 1 МВт, що використовуються в системах центрального опалення [9].

Обладнання для спалювання біомасового палива, як, зрештою, і для будь-якого іншого палива, проектується під конкретний вид палива визначених

фізичних та хімічних характеристик. Таким чином, вибір технології використання тріски та соломи як палива визначаються багатьма чинниками, серед яких головними є фізичні характеристики (вологість, ступінь подрібнення), що визначаються, в основному, методами збирання та типом застосованої техніки, наявністю апробованих технологій спалювання, зручністю та ефективністю методів попередньої підготовки палива.

Водогрійні котли на біомасі дозволяють опалювати як окрему квартиру, так і цілий будинок, а також кілька будинків при їх застосуванні в галузі централізованого теплопостачання. Крім того, такі котли можуть використовуватись для отримання гарячої води на побутові потреби. Котли на біомасі можуть бути як з природною, так і примусовою циркуляцію теплоносія (води), а також з природною або примусовою подачею повітря та відведенням димових газів. Для опалення непобутових приміщень (склади, гаражі, промислові цехи, тощо), а також для забезпечення процесу сушки, можуть використовуватись повітряні нагрівачі на біомасі, в яких тепло від топки передається не воді, що циркулює в замкненому контурі, а повітрю, що подається вентилятором через поверхні теплообміну [12].

Водогрійні котли на дровах (Рис. 2.10) можуть використовуватись як для опалення окремих будинків, так і в системах централізованого теплопостачання.

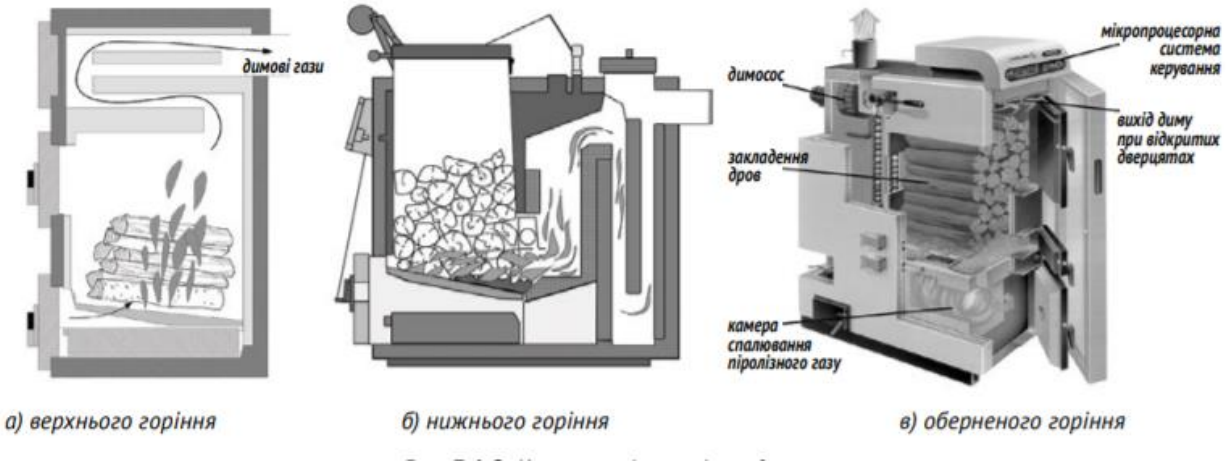
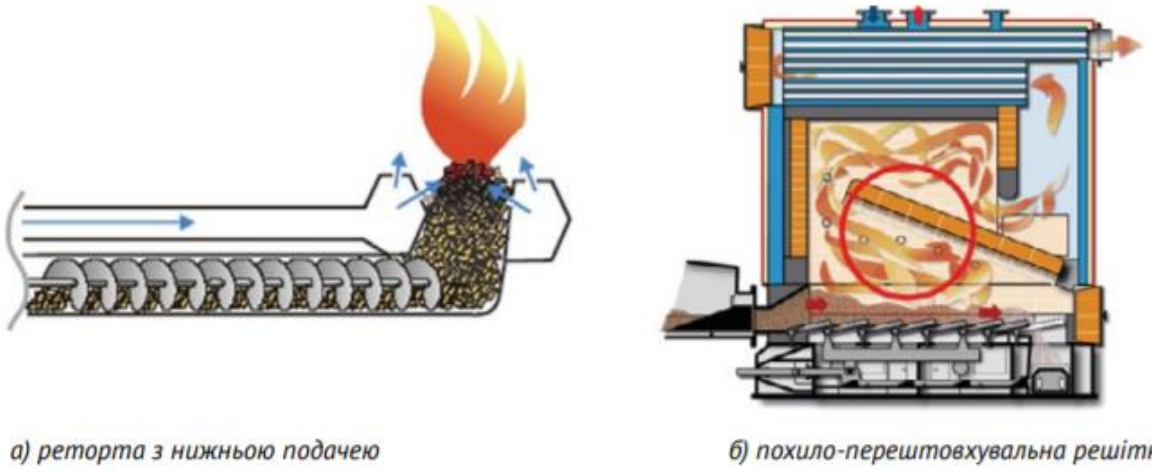


Рис. 2.10 - Конструкції котлів на дровах

Найпростішими є котли на дровах, в яких зразу відбувається горіння всього об’єму палива (рис. 2.10, а). В більш сучасних конструкціях (рис. 2.10, б-в) спалювання відбувається в дві стадії – спочатку відбувається газифікація твердого палива, а потім спалювання піролізного газу в окремій камері, що розміщена збоку чи знизу від камери, де знаходиться паливо, та вигорання коксозольного залишку на решітці. Така конструкція дозволяє досягати більшого коефіцієнту корисної дії та кращих екологічних показників (зменшення викидів твердих частинок та оксиду вуглецю). Котли на дровах рідко проектуються на теплову потужність понад 1 МВт, оскільки при більшій потужності ускладнюється їх обслуговування, пов’язане з ручною працею [11].

Спалювання сипучих деревних відходів та гранул реалізується, як правило, в котлах з автоматичною подачею палива та його спалюванням в спеціальному пальнику чи реторті з нижньою або верхньою подачею в котлах потужністю до 1 МВт (рис. 2.11, а), або з використанням похило-перештовхувальної решітки в котлах потужністю від 200 кВт до 20 МВт (рис. 2.11, б). При спалюванні твердих біопалив, з різним фракційним складом, підвищеним вмістом золи, сумішей різних видів палив, використовують котли з киплячим (при тепловій потужності більше 10 МВт) або циркулюючим киплячим шаром (більше 20 МВт).



а) реторта з нижньою подачею

б) похило-перештовхувальна решітка

Рис. 2.11 - Способи спалювання сипкого палива

Найбільш розповсюдженими видами біомаси для використання в житлово-комунальному господарстві та бюджетній сфері є деревне паливо у вигляді дров, гранул, брикетів або тріски.

Основні елементи теплогенеруючих установок при використанні деревної тріски показані на рис. 2.12.

При використанні гранул, як правило, паливний склад може бути замінений вертикальним металевим силосом, що займає значно менше місця та завантажується з машини-грануловоза шляхом пневмоподачі, за допомогою шнекового транспортера або норії. Невисокі накопичувальні бункери можуть завантажуватись ковшовим завантажувачем або безпосередньо з біг-бегів.

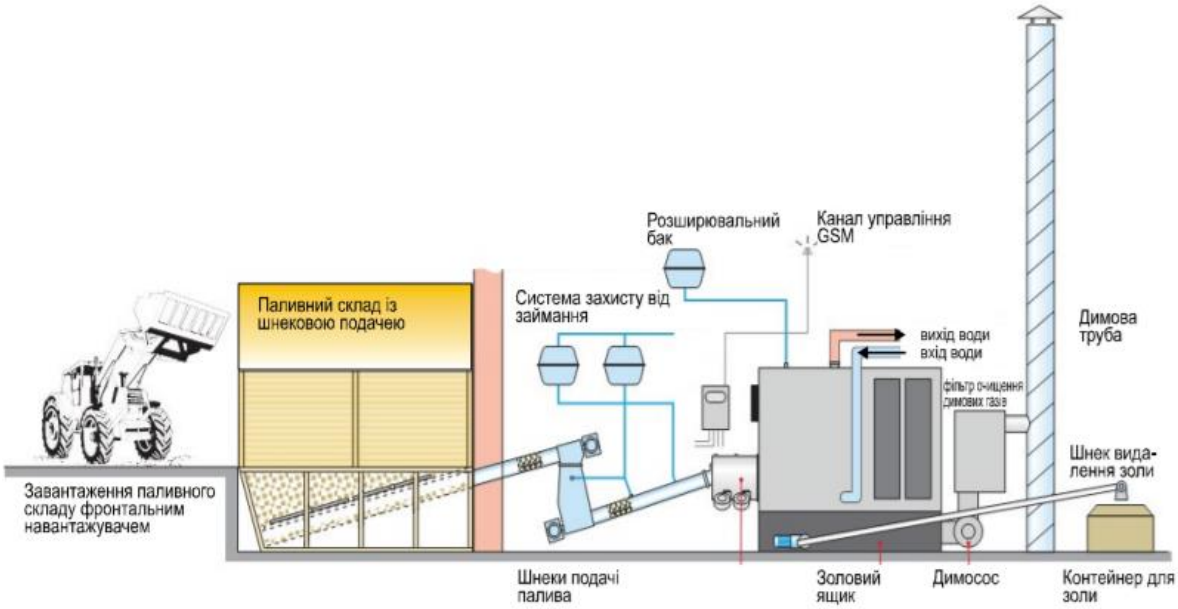


Рис. 2.12 - Основні елементи котельні на біомасі (деревна тріска)

Котел на гранулах може бути встановлений як в існуючій котельні, при наявності вільного місця для розміщення обладнання паливоподачі, так і у вигляді окремої модульної котельні.

2.4.2 Установки для виробництва електричної енергії

Для промислових потреб та отримання електроенергії використовуються парові котли, що виробляють перегріту пару, яка поступає на парову турбіну, а також термомасляні котли, через які циркулює теплоносій, що випаровує робочу рідину в спеціальному теплообміннику. Отримана пара поступає на турбіну для подальшого вироблення електроенергії та конденсується (так званий ORC-цикл) [9].

Принципова схема парової ТЕЦ на біомасі наведена на рис. 2.13. Біопаливо доставляється на склад палива 5 і подається в котел для спалювання з метою виробництва теплової енергії у вигляді пари.

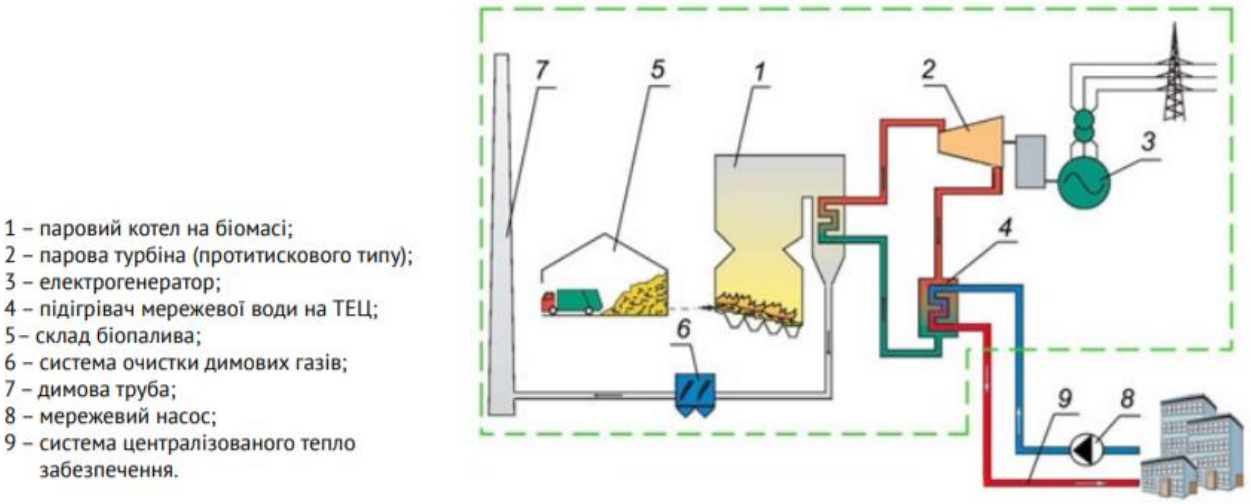


Рис. 2.13 - Принципова схема ТЕЦ на твердій біомасі

Пара, вироблена котлами 1 на біомасі, надходить до парової турбіни 2 де частина енергії перетворюється в механічну енергію, що приводить в рух електрогенератор 3. Відпрацьована в турбіні пара надходить в якості гріючого теплоносія в підігрівач мережевої води 4. Подача води в теплову мережу 9 здійснюється мережевими насосами 8.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ НА ТВАРИННИЦЬКІЙ ФЕРМІ

3.1 Вибір оптимального режиму роботи біогазової установки

Як відомо, підвищення температури процесу бродіння біомаси супроводжується збільшенням кількості отриманого газу. На рис. 3.1 наведена динаміка виходу біогазу в часі в залежності від рівня температури процесу в метантенку згідно експериментальних даних у відносних одиницях. За максимум прийнято найбільшу питому величину виходу біогазу, що спостерігається через 7 діб при температурі процесу 40 °С.

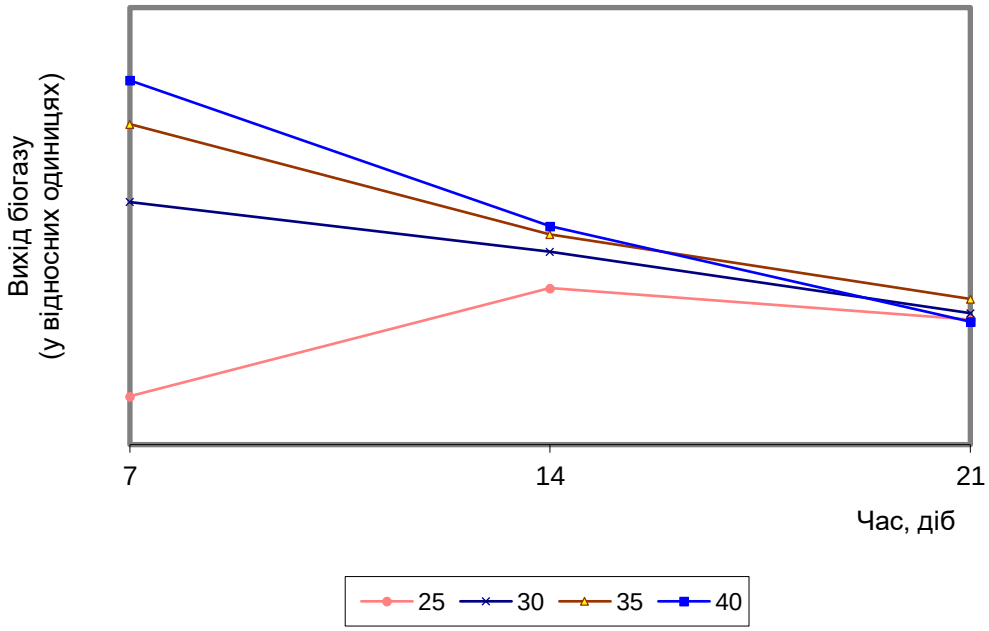


Рисунок 3.1. Динаміка виділення біогазу в залежності від рівня температури процесу бродіння у відносних одиницях

Як видно з рисунку, кількість біогазу, що виділяється при температурах 35 і 40 °С відрізняється незначно. Але це викликає збільшення втрат теплоти в навколишнє середовище за рахунок більш інтенсивного теплообміну між поверхнею метантенку та повітрям в холодний період року. Крім того

збільшується витрата біогазу на підігрів сировини до необхідної температури бродіння. Тому в подальшому для проведення розрахунків обираємо температуру процесу 35 °С та його тривалість 21 діб.

3.2 Розрахунок показників роботи біогазової установки

Загальний об'єм біомаси на фермі становить в залежності від пори року:

- у зимовий період – $V_{бм1}$ = 75 м^3/добу від N_1 = 1100 корів;
- у літній період – $V_{бм2}$ = 65 м^3 / добу від N_2 = 950 корів.

Вміст сухої речовини, що утворюється щодня, становить $m_{ср}$ = 6,2 кг на одну голову тварини, а середній вміст органічних речовин $m_{ор}$ = 5 кг/гол. З урахуванням цього щоденна маса органічної речовини складає:

-у зимовий період

$$M_{ор1} = m_{ор} \cdot N_1 = 5 \cdot 1100 = 5500 \text{ кг/добу;}$$

-у літній період

$$M_{ор2} = m_{ор} \cdot N_2 = 5 \cdot 950 = 4750 \text{ кг/добу.}$$

Питома сумарна кількість біогазу, віднесена до 1 тони органічної речовини, дорівнює $v_{бг1}$ = 300 м^3/т у зимовий період.

У літній період, коли за добу накопичується 65 м^3 біомаси, об'єм камери, що використовується, дозволяє зброджувати рідку біомасу тривалістю 25 діб, а для підтримки необхідної температури потрібна значно менша кількість теплової енергії, ніж узимку. Незважаючи на меншу масу органічної речовини в біомасі, є можливим одержання більшого об'єму біогазу з 1 тони органічної речовини, тобто $v_{бг2}$ = 350 м^3/т. Вихідні дані по температурному режиму установки наведені в табл. 3.1 в залежності від періоду року.

Об’єм бродильної камери (реактора) при безперервному режимі експлуатації в розрахунку на зимовий період визначається таким чином, м^3:

$$V_р = \frac{V_{бм1} \cdot T_1}{\eta} = \frac{75 \cdot 25}{0{,}97} = 1932 \text{ м}^3,$$

де $V_{бм1}$ – вихід рідкої біомаси за добу, м^3/добу;

T_1 – тривалість періоду зброджування, діб;

η – коефіцієнт, що враховує частку використання об’єму бродильної камери (реактора), η = 0,97.

Приймаємо бродильну камеру з об’ємом $V_р$ = 1950 м^3.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані по температурному режиму роботи установки

Показник	Пора року	
	Зима	Літо
Температура рідкої біомаси при завантаженні t_1, °С	10	20
Температура в біореакторі t_2, °С	35	35
Температура навколишнього середовища $t_{нс}$, °С	-15	20

Приймаємо, що бродильна камера являє собою вертикальний резервуар циліндричної форми із співвідношенням діаметра $D_к$ до висоти $h_к$, рівним одиниці, тобто $D_к$ / $h_к$ = 1.

Тоді:

- діаметр бродильної камери (реактора), м:

$$D_к = \sqrt[3]{\frac{V_р}{0{,}785 \cdot 1}} = \sqrt[3]{\frac{1950}{0{,}785 \cdot 1}} = 13{,}5;$$

- площа поверхні теплообміну камери, м^2:

$$F_к = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D_к^{\,2}}{4} + \pi \cdot D_к \cdot H_к = \frac{\pi \cdot 13{,}5^2}{4} + \pi \cdot 13{,}5 \cdot 13{,}5 = 858.$$

Питома поверхня реактора, віднесена до 1 м^3 об'єму камери, м^2/м^3:

$$f = F_к / V_р = 858 / 1950 = 0{,}44.$$

У літній період бродильна камера при обраному об'ємі 1950 м^3 буде забезпечувати зброджування рідкої біосировини протягом:

$$T_2 = V_р / V_{бм2} = 1950 / 65 = 30 \text{ діб},$$

де $V_{бм2}$ – вихід рідкої біомаси влітку за добу, м^3/добу.

Об'єм біогазу, що утворюється протягом доби, м^3/добу:

-у зимовий період

$$V_{бг1} = M_{ор1} \cdot v_{бг1} = 5{,}5 \cdot 300 = 1650;$$

-у літній період

$$V_{бг2} = M_{ор2} \cdot v_{бг2} = 4{,}75 \cdot 350 = 1662{,}5,$$

де $M_{ор}$ – маса органічної речовини в камері біореактора, т;

$v_{бг}$ – об'єм біогазу, що утворюється з 1 т органічної речовини, м^3/т.

Тоді середній об'єм добового виходу біогазу становить протягом року, м^3/добу:

$$V_{бг} = (1650 + 1662{,}5) / 2 = 1656.$$

Маса рідкої біомаси, що подається, визначається величиною питомого завантаження органічної речовини $n_{ор}$. Вона показує кількість органічної

речовини, яка завантажується в бродильну камеру реактора в розрахунку на 1 м^3 об'єму камери, кг/м^3:

-у зимовий період

$$n_{ор1} = M_{ор1} / V_р = 5500 / 1950 = 2,82;$$

-у літній період

$$n_{ор2} = M_{ор2} / V_р = 4750 / 1950 = 2,45,$$

де $M_{ор}$ – маса органічної речовини, яка завантажується щодня, кг;

$V_р$ – корисний об'єм бродильної камери (реактора), м^3.

Добовий тепловий еквівалент біогазу, що отримується, кДж/добу:

$$Q_1 = Q_{р\ бг}^{с} \cdot V_{бг\ ср} = 21000 \cdot 1656 = 34,776 \cdot 10^6,$$

де $Q_{р\ бг}^{с} = 21000$ кДж/м^3 – нижча теплотворна здатність біогазу на суху масу.

Для денної кількості біогазу еквівалент при спалюванні природного газу складе, м^3/добу:

$$V_{екв} = Q_{тов\ р} / Q_{р\ пр}^{с} = 34,776\ 10^6 / 35500 = 980,$$

де $Q_{р\ пр}^{с}$ – теплота згоряння природного газу, кДж/м^3.

Кількість теплоти, що необхідна для підтримки процесу зброджування, складається з тепла, необхідного для підігріву завантаженої біомаси $Q_п$ та величини теплових втрат $Q_{вт}$.

Теплота для підігріву рідкої біомаси до необхідної температури, кДж/добу:

-у зимовий період

$$Q_{п1} = V_{бм1} \cdot C_{бм} \cdot (t_1 - t_2) = 75000 \cdot 4,18 \cdot (35 - 10) = 7,837 \cdot 10^6;$$

-у літній період

$$Q_{п2} = V_{бм2} \cdot C_{бм} \cdot (t_1 - t_2) = 65000 \cdot 4{,}18 \cdot (35 - 20) = 4{,}076 \cdot 10^6;$$

де $V_{бм}$ – об'єм рідкої біомаси, що підігрівається до температури t_1, м^3;

$C_{бм}$ – питома об'ємна теплоємність рідкої біомаси,

$C_{бм}$ = 4,18 кДж/(кг °С).

Теплота, необхідна для компенсації втрат в навколишнє середовище, кДж/добу:

-у зимовий період

$$Q_{вт1} = F_к \cdot K \cdot (t_1 - t_{нс}) \cdot 24 = 858 \cdot 1{,}2\ (35 - (-15)) \cdot 24 = 1{,}235 \cdot 10^6;$$

у літній період

$$Q_{вт1} = F_к \cdot K \cdot (t_1 - t_{нс}) \cdot 24 = 858 \cdot 1{,}2\ (35 - 10) \cdot 24 = 0{,}617 \cdot 10^6,$$

де K – коефіцієнт теплопередачі бродильної камери, приймаємо K =1,2 кДж/(м^2·тод·°С).

Загальна кількість тепла для підтримки процесу зброджування з урахуванням ККД котельного агрегату ($\eta_к$ = 0,87), кДж/добу:

- у зимовий період

$$Q_{2\Sigma 1} = (Q_{п1} + Q_{вт1}) / \eta_к = (7{,}837 + 1{,}235) \cdot 10^6 / 0{,}87 = 10{,}42 \cdot 10^6;$$

- у літній період

$$Q_{2\Sigma 2} = (Q_{п2} + Q_{вт2}) / \eta_к = (4{,}076 + 0{,}617) \cdot 10^6 / 0{,}87 = 5{,}39 \cdot 10^6;$$

- середнє значення зі рік

$$Q_{2\Sigma} = 7{,}905 \cdot 10^6.$$

Кількість біогазу для підтримання необхідного режиму роботи установки, м^3/добу:

$$V_{бг\ реж} = Q_{2\Sigma} / Q_{р\ бг}{}^{с} = 7{,}905 \cdot 10^6 / 21000 = 376.$$

Еквівалент при спалюванні природного газу складе, м^3/добу:

$$V_{\text{екв реж}} = Q_{2\Sigma} / Q_{\text{р пр}}^{\text{с}} = 7{,}905\ 10^6 / 35500 = 223.$$

Товарна кількість енергії становить протягом доби, кДж/добу:

- у зимовий сезон

$$Q_{\text{тов1}} = Q_1 - Q_{2\Sigma 1} = 34{,}776 \cdot 10^6 - 10{,}42\ 10^6 = 24{,}356 \cdot 10^6;$$

- у літній сезон

$$Q_{\text{тов2}} = Q_1 - Q_{2\Sigma 2} = 34{,}776 \cdot 10^6 - 5{,}39\ 10^6 = 29{,}386 \cdot 10^6;$$

- у середньому

$$Q_{\text{тов}} = 26{,}871 \cdot 10^6.$$

Товарна кількість біогазу, м^3/добу:

$$V_{\text{тов}} = Q_{\text{тов}} / Q_{\text{р бг}}^{\text{с}} = 26{,}871 \cdot 10^6 / 21000 = 1280.$$

Еквівалент при спалюванні природного газу складе, м^3/добу:

$$Q_{\text{екв тов}} = Q_{\text{тов}} / Q_{\text{р пр}}^{\text{с}} = 26{,}871\ 10^6 / 35500 = 757.$$

Товарна кількість енергії за рік становить

$$Q_{\text{тов р}} = Q_{\text{тов}} \cdot 365 = 26{,}871 \cdot 10^6 \cdot 365 = 9807{,}9 \cdot 10^6 \text{ кДж/рік}.$$

Для такої кількості біогазу еквівалент при спалюванні природного газу складе, м^3/рік:

$$V_{\text{екв}} = Q_{\text{тов р}} / Q_{\text{р пр}}^{\text{с}} = 9807{,}9\ 10^6 / 35500 = 276279,$$

де $Q_{\text{р пр}}^{\text{с}}$ – теплота згоряння природного газу, кДж/м^3.

Частина теплової енергії $Q_{\text{пов}}$, що виходить із бродильного реактора зі збродженою біомасою, може бути повернута в процес за допомогою утилізаційного кожухотрубчастого теплообмінника. Ця частка складає, кДж/добу:

-у зимовий період

$$Q_{пов1} = V_{бм1} \cdot C_{бм} \cdot (32 - t_{то}) = 75000 \cdot 4{,}18 \cdot (32 - 15) = 7{,}837 \cdot 10^6;$$

-у літній період

$$Q_{пов2} = V_{бм2} \cdot C_{бм} \cdot (32 - t_{то}) = 65000 \cdot 4{,}18 \cdot (32 - 27) = 1{,}36 \cdot 10^6;$$

середньорічна величина

$$Q_{пов} = 4{,}6 \cdot 10^6,$$

де 32 – температура зброджуваної біомаси на вході в теплообмінник, °С; $t_{то}$ – температура зброджуваної біомаси на виході з теплообмінника: узимку – 15 °С, улітку – 27 °С.

Еквівалентна кількість біогазу, що повертається в процес, м^3/добу:

$$V_{пов} = Q_{пов} / Q_{р\ бг}^{с} = 4{,}6 \cdot 10^6 / 21000 = 219.$$

Еквівалент при спалюванні природного газу складе, м^3/добу:

$$V_{екв\ пов} = Q_{пов} / Q_{р\ пр}^{с} = 4{,}6\ 10^6 / 35500 = 130.$$

Товарна кількість енергії з урахуванням частини тепла, що повертається в процес з використанням додаткового теплообмінника, кДж/добу:

- у зимовий період

$$Q'_{тов1} = Q_{тов1} + Q_{пов1} = (24{,}356 + 7{,}837) \cdot 10^6 = 32{,}193 \cdot 10^6;$$

- у літній період

$$Q'_{тов2} = Q_{тов2} + Q_{пов2} = (29{,}386 + 1{,}36) \cdot 10^6 = 30{,}746 \cdot 10^6;$$

- в середньому

$$Q'_{тов\ р} = 26{,}871 \cdot 10^6 + 4{,}6 \cdot 10^6 = 31{,}471 \cdot 10^6.$$

Еквівалентна кількість біогазу, м^3/добу:

$$V'_{тов\ р} = Q'_{тов\ р} / Q_{р\ бг}^{с} = 31{,}471 \cdot 10^6 / 21000 = 1499.$$

Еквівалентна кількість природного газу, м^3/добу:

$$V'_{\text{екв тов р}} = Q'_{\text{тов р}} / Q_{\text{р пр}}^{\text{с}} = 31{,}471\ 10^6 / 35500 = 887.$$

Енергія для підтримання режиму роботи установки у випадку застосування додаткового теплообмінника, кДж/добу:

$$Q'_{2\Sigma} = Q_1 - Q'_{\text{тов р}} = 34{,}776 \cdot 10^6 - 31{,}471 \cdot 10^6 = 3{,}305 \cdot 10^6.$$

Еквівалентна кількість біогазу, м^3/добу:

$$V'_{2\Sigma} = V_{\text{бг}} - V'_{\text{тов р}} = 1656 - 1499 = 157.$$

Еквівалентна кількість природного газу, м^3/добу:

$$V'_{\text{екв тов р}} = V_{\text{бг}} - V'_{\text{екв тов р}} = 980 - 887 = 93.$$

Річні показники роботи біогазової установки розраховуються з урахуванням загальної кількості діб в році (365).

В табл. 3.2 наведені показники роботи біогазової установки протягом року.

Таблиця 3.2 – Тепловий баланс біогазової установки

Показник	Середньодобове значення			Середньорічне значення			
	Еквівалент теплової енергії, кДж/добу	Кількість біогазу, м^3/добу	Еквівалент природного газу, м^3/добу	Еквівалент теплової енергії, МДж/ рік	Кількість біогазу, м^3/рік	Еквівалент природного газу, м^3/ рік	Баланс, %
Тепловий баланс без застосування додаткового теплообмінника							
Сумарна кількість енергії	$34{,}776 \cdot 10^6$	1656	980	$12{,}69 \cdot 10^6$	604440	357700	100

Енергія для підтримки режиму роботи	$7{,}905 \cdot 10^6$	376	223	$2{,}885 \cdot 10^6$	137240	81395	22,75
Товарна кількість енергії	$26{,}871 \cdot 10^6$	1280	757	$9{,}808 \cdot 10^6$	467200	276305	77,25
Тепловий баланс із застосуванням додаткового теплообмінника							
Сумарна кількість теплоти	$34{,}776 \cdot 10^6$	1656	980	$12{,}69 \cdot 10^6$	604440	357700	100
Енергія, що повертається ТО	$4{,}6 \cdot 10^6$	219	130	$1{,}679 \cdot 10^6$	79935	47450	-
Сумарна кількість енергії з урахуван-ням поверненої ТО	$31{,}471 \cdot 10^6$	1499	887	$11{,}487 \cdot 10^6$	547135	323577	90,51
Енергія для підтримки режиму роботи	$3{,}305 \cdot 10^6$	157	93	$1{,}203 \cdot 10^6$	57305	33945	9,49

На рис. 3.1 наведено теплові баланси біогазової установки для двох випадків: без додаткового теплообмінника та з ним.

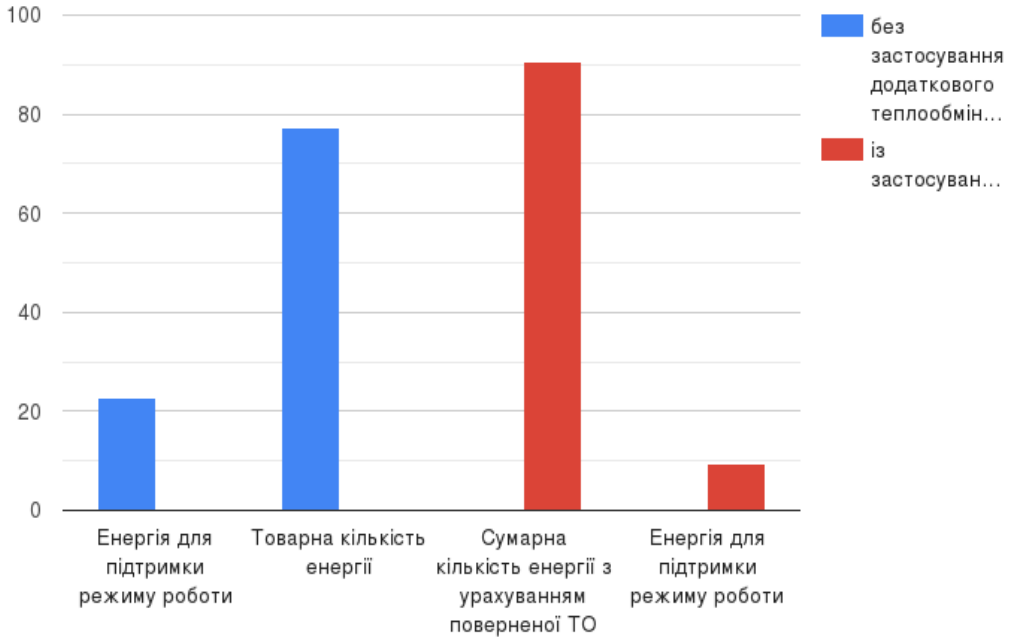


Рисунок 3.1. Теплові баланси біогазової установки

3.3 Аналіз різних способів утилізації біогазу

Рентабельність виробництва біогазу буде позитивною тільки в тому випадку, коли при використанні біогазу в якості енергоносія заощаджуються інші, більш коштовні види палива або створюється нова продукція.

В процесі експлуатації біогазової станції необхідно забезпечити безперервне споживання виробленої продукції – біогазу.

Розглянемо такі варіанти використання біогазу:

- виробництво електричної енергії;

- заміна природного газу, що використовувався для опалення та гарячого водопостачання на молочній фермі;

- виробництво кормових рідких дріжджів;

- процес сушіння вже зброджeної біомаси.

Отримання електричної енергії може здійснюватися при використанні первинного двигуна, де в якості палива виступає біогаз, для приводу електрогенератора. У цьому варіанті забезпечується цілорічне використання біогазу, що отримується в установці.

У розрахунках з ефективності використання біогазу як палива для первинного двигуна електрогенератора приймається, що вироблений електрогенератором струм подається в електромережу підприємства. Охолоджена вода та викидні гази двигуна за допомогою теплообмінника використовується для отримання теплової енергії. Її частина йде на покриття втрат теплоти для підтримки процесу зброджування, а інша частина використовується для опалення або гарячого водопостачання.

Із загального об'єму біогазу, що витрачається на виробництво електричної енергії, перетворюється: в механічну енергію – $e_{\text{ел}}$ = 28,5 %; в теплову (з урахуванням втрат) – $e_{\text{т}}$ = 71,5 %. Приймаємо наступні ККД процесу перетворення енергії: механічний – $\eta_{\text{мех}}$ = 0,96; електричний – $\eta_{\text{ел}}$ = 0,97 і термічний $\eta_{\text{тер}}$ = 0,94. Визначимо кількість отриманої електричної і теплової енергії за рахунок біогазу.

Кількість електричної енергії, кВт·год/добу:

$$E_{\text{ел}} = \frac{Q'_{\text{повр}} \cdot e_{\text{ел}} \cdot \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{ел}}}{3600} = \frac{31{,}471 \cdot 10^6 \cdot 0{,}285 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}97}{3600} =$$

$$= 2320 \text{ кВт·год / добу.}$$

Кількість теплової енергії, кДж/добу:

$$E_{\text{т}} = Q'_{\text{повр1}} \cdot e_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{тер}} = 31{,}471 \cdot 10^6 \cdot 0{,}715 \cdot 0{,}94 = 21{,}15 \cdot 10^6.$$

Виразимо величину $E_{\text{т}}$ в еквіваленті газоподібного палива (природного газу), м^3/добу:

$$V_{\text{пр т}} = E_{\text{т}} / Q_{\text{р пр}}^{\text{с}} = 21{,}15 \cdot 10^6 / 35500 = 595.$$

Тоді за рік еквівалентна величина складе, м^3/рік:

$$V^{\text{рік}}_{\text{пр т}} = V_{\text{пр т}} \cdot 365 = 595 \cdot 365 = 217175.$$

При використанні біогазу потрібно $21{,}15 \cdot 10^6 / 21000 = 1007$ м^3/добу або $1007 \cdot 365 = 367555$ м^3/рік.

На фермі *для опалення* приміщень молодняка, молочного відділення, підсобних приміщень витрачається 96841 м^3 природного газу на рік (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. Витрата природного газу на молочну ферму протягом року

Місяць	Витрата природного газу		Місяць	Витрата природного газу	
	м^3/місяць	м^3/добу		м^3/місяць	м^3/добу
1	21131	681,6	7	1808	58,3
2	13899	496,4	8	1921	62
3	12769	411,9	9	2034	67,8
4	7458	248,6	10	5085	164
5	3729	120,3	11	9718	323,9
6	1695	54,7	12	15594	503

Теплопостачання приміщень ферми може бути також здійснене з використанням біогазу. Кількість біогазу для цього повинна складати $96841 \cdot 35500 / 21000 = 163707$ м^3 на рік.

Виробництво кормових рідких дріжджів. Загальні витрати на отримання кормових рідких дріжджів розраховувалась на 1 кг суміші (сировини). Процес

виробництва дріжджів складається з шести технологічних операцій. Витрати енергії на отримання готового продукту з 1 кг суміші складають 1735 кДж, з 5 тонн суміші – $1735 \cdot 5000 = 8{,}675 \cdot 10^6$ кДж/добу. Це еквівалентно спалюванню наступного об'єму біогазу, м^3/добу:

$$V_{\text{др}} = 8{,}675 \cdot 10^6 / 21000 = 413{,}1$$

або

$$V_{\text{др р}} = 413{,}1 \cdot 365 = 150782 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Сушіння збродженої рідкої біомаси. Суміш сухої фракції збродженої біомаси з мінеральними речовинами є ефективними та екологічно чистими добривами. Отримана за допомогою фільтр-преса маса сушиться в барабанній сушарці при температурі повітря 400 °С. З урахуванням ККД сушарки для випару 1 кг вологи потрібно 3900 кДж теплоти. Тоді питома теплова енергія, необхідна для отримання 1 кг сухої маси, може бути знайдена за формулою, кДж/кг:

$$q_{\text{сух}} = \frac{100 - W_{\text{сп}}}{100 - W_{\text{тф}}} \cdot q_{\text{вип}} = \frac{100 - 14}{100 - 75} \cdot 3900 = 13416,$$

де $W_{\text{сп}}$ – вологість сухого продукту, %;

$W_{\text{тф}}$ – вологість твердої фракції збродженої біомаси, %.

Для одержання 1 кг сухого продукту потрібно 13416 кДж тепла або 13416/2100 = 0,64 м^3 біогазу.

Для сушіння біомаси використовується та кількість біогазу, яка залишається після витрат на опалення і виробництво рідких дріжджів.

В табл. 3.3 наведено підсумковий баланс використання товарного біогазу.

Таблиця 3.3 – Розподіл використання біогазу по місяцях

Місяць		Кількість товарного біогазу, м^3/міс			
	Загальна	На виробництво електроенергії	На опалення та гаряче водопост.	На виготовлення кормів	На сушіння біомаси (добрива)
1	45990	13107	23878	9005	–
2	42924	12233	15706	12393	2592
3	47523	13544	14429	12393	8157
4	43923	12518	8428	12393	10584
5	45387	12935	4214	12393	15842
6	43923	12518	1915	12393	16467
7	45387	12935	2043	12393	18016
8	43923	12518	2170	12393	16842
9	45387	12935	2298	12393	17761
10	47523	13544	5746	12393	15840
11	45990	13107	10981	12393	9509
12	47523	13544	17621	12393	3965

Загальна кількість товарного біогазу за місяць розраховується за формулою, м^3/міс:

-у зимовий період

$$V'_{\text{заг } i} = Q'_{\text{тов1}} \cdot n \,/\, 21000;$$

-у літній період

$$V'_{\text{заг } i} = Q'_{\text{тов2}} \cdot n \,/\, 21000,$$

де n – кількість діб в i-му місяці.

Кількість біогазу на вироблення електроенергії, м^3/міс:

$$V'_{\text{ел } i} = V'_{\text{заг } i} \cdot 0{,}285.$$

Кількість біогазу для опалення, м^3/міс:

$$V_{\text{оп } i} = V_{\text{пр т}i}\ 35{,}5/21,$$

де $V_{\text{пр т}i}$ – кількість природного газу, що витрачається на опалення, м^3/міс (див. табл. 3.2).

Кількість біогазу для виробництва кормових дріжджів (5 т сировини на місяць), м^3/міс:

$$V'_{\text{др } i} = V_{\text{др}} \cdot 30 / 21000.$$

Кількість біогазу для сушіння біомаси при виробництві добрив, м^3/міс:

$$V_{\text{суш } i} = V'_{\text{заг } i} - V_{\text{др } i} - V_{\text{оп } i} - V'_{\text{ел } i}.$$

В окремі зимові місяці загальної кількості біогазу може не вистачати для виробництва кормів та добрив. В такому випадку необхідно здійснювати перевірку з метою визначення кількості біогазу, що може бути дійсно використано на ці статті витрат.

На рис. 3.2 наведено графічний розподіл витрати біогазу протягом року. На рис. 3.3 зображено загальний річний баланс використання біогазу.

Частка біогазу для вироблення електроенергії складає $\nu_{\text{ел}}$ = 28,5 % від загальної кількості біогазу.

Частка загальної кількості біогазу, що використовується для опалення складає

$$\nu_{\text{оп}} = \frac{V_{\text{оп}\Sigma}}{V'_{\text{заг}}} \cdot 100 = \frac{109429}{547135} \cdot 100 = 19{,}97\ \%.$$

Частка біогазу для виробництва кормових дріжджів

$$\nu_{\text{др}} = \frac{V_{\text{др}\Sigma}}{V'_{\text{заг}}} \cdot 100 = \frac{145328}{547135} \cdot 100 = 26{,}56\ \%.$$

Частка біогазу для сушіння біомаси

$$v_{др} = 100 - v_{ел} - v_{оп} - v_{др} = 100 - 28,5 - 19,97 - 26,56 = 24,97\ \%.$$

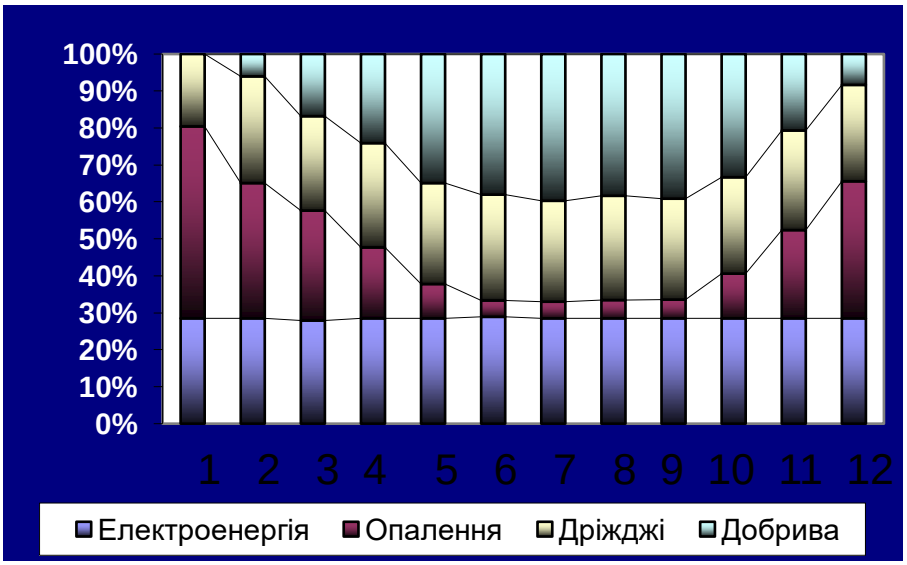


Рисунок 3.2. Розподіл витрати біогазу протягом року



Рисунок 3.3. Річний баланс використання біогазу

3.4 Визначення показників емісії парникових газів при спалюванні біогазу

Аналіз екологічної ефективності застосування енерготехнологій визиває необхідність знання показників емісії шкідливих речовин, що виділяються при спалюванні як основних видів первинного органічного палива, так і альтернативних видів палив, в даному випадку біогазу.

У формулі використовується CO_2-еквівалент (carbon dioxide equivalent, CDE, CO_2e) – це умовна одиниця, що застосовується для оцінки обсягів викидів парникових газів (у тому числі для розрахунку вуглецевого сліду). Відповідає тому, якому обсягу вуглекислого газу дорівнює загальний обсяг викидів, виходячи з їхнього впливу на клімат. Існує багато парникових газів, і всі вони мають різну парникову активність - і, відповідно, у різному ступені сприяють зміні клімату. Тому підраховувати загальний обсяг викидів стали через порівнянні їм обсяги вуглекислого газу – він має найменшу парникову активність. Наприклад, за 100 років одна тонна метану втримує в атмосфері стільки ж тепла, скільки 25 тонн CO_2, а тонна оксиду азоту N_2O еквівалентна щодо цього вже 298 тоннам CO_2.

Залежність величин питомого зниження викидів парникових газів можливо визначити за наступними рівняннями:

$$\varepsilon_{CO2} = k^{\text{нп}}.\left(\frac{\eta_{\Sigma}^{\text{бг}}}{\eta_{\Sigma}^{\text{нп}}} - \frac{k^{\text{бг}}}{k^{\text{нп}}}\right),$$

де $k^{\text{нп}} = \frac{E^{\text{нп}}}{Q^{\text{р}}_{\text{н нп}}}$, $k^{\text{бг}} = \frac{E^{\text{бг}}}{Q^{\text{р}}_{\text{н бг}}}$ (E – питома емісія натурального палива та біогазу, $г_{CO2}$ екв /кг.у.п.).

Як показує вищенаведене рівняння, величина питомого зниження викидів CO_2 визначається 3 величинами: відносинами показників емісії k, абсолютною величиною показника емісії первинного палива $k^{\text{нп}}$ і ККД енергетичних

агрегатів η_{Σ}. Нижче наведені дані щодо зміни показників емісії парникових газів для різних видів палива []:

- при спалюванні мазуту – 2414...2552 $г_{CO2}$ екв /кг.у.п.;

- при спалюванні природного газу – 1712...1910 $г_{CO2}$ екв /кг.у.п.;

- при спалюванні біогазу – 1037…1253 $г_{CO2}$ екв /кг.у.п.

В табл. 3.3 наведені граничні значення співвідношення показників емісії біогазу та натурального палива $k^{бг} / k^{нп}$. Як видно з таблиці, значення $k^{бг} / k^{нп}$ змінюється в діапазоні 0,29 – 0,65. При використанні природного газу середнє співвідношення складає 0,625.

Таблиця 3.3. Значення співвідношення показників емісії біогазу та натурального палива $k^{бг} / k^{нп}$

Значення	Вид палива			
	Вугілля	Мазут	Дизельне паливо	Природний газ
Максимальне	0,3	0,49	0,47	0,65
Мінімальне	0,29	0,41	0,42	0,6
Середнє	0,295	0,45	0,445	0,625

Кількість викидів CO_2 при спалюванні природного газу, т/рік:

$$M_{CO2\ пр\ г} = E^{пр\ г} \cdot V_{пр\ г} \cdot Q^{р}_{н\ пр\ г} / Q^{р}_{н\ у\ т} = 1811 \cdot 10^{-6} \cdot 357700 \cdot 35{,}5/29{,}33 = 784{,}06,$$

де середнє значенні показника емісії парникових газів при використанні природного газу:

$$E^{пр\ г} = 1712 + 1910 = 1811\ г_{CO2}/кг.у.п = 1811 \cdot 10^{-6}\ т_{CO2}\ екв/кг.у.п;$$

Кількість викидів CO_2 при спалюванні біогазу, т/рік:

$$M_{CO2\ бг} = E^{бг} \cdot V_{бг} \cdot Q^{р}_{н\ бг} / Q^{р}_{н\ у\ т} = 1145 \cdot 10^{-6} \cdot 604440 \cdot 21/29{,}33 = 495{,}5,$$

де середнє значенні показника емісії парникових газів при використанні природного газу:

$$E^{пр\ г} = 1037 + 1253 = 1145\ г_{CO2}/кг.у.п = 1811 \cdot 10^{-6}\ т_{CO2}\ екв/кг.у.п;$$

Зменшення викидів CO_2 для біогазової установки, що розглядається, складе:

$$\Delta M_{CO2} = 784{,}06 - 459{,}5 = 324{,}56\ т/рік.$$

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз ефективності експлуатації біогазової установки на тваринницькій фермі.

Визначено, що кількість біогазу, що виділяється при температурах 35 і 40 °С відрізняється незначно. Але це викликає збільшення втрат теплоти в навколишнє середовище за рахунок більш інтенсивного теплообміну між поверхнею метантенку та повітрям в холодний період року. Крім того, збільшується витрата біогазу на підігрів сировини до необхідної температури бродіння.

Визначено кількість біомаси що утворюється на фермі: у зимовий період - 5500 кг/добу; у літній період - 4750 кг/добу.

Визначено кількість біогазу що утворюється з 1 тони органічної речовини: 300 $м^3$/т у зимовий період, 350 $м^3$/т у літній період.

Середній об’єм добового виходу біогазу становить протягом року - 1656 $м^3$/добу.

Товарна кількість біогазу - 1280 $м^3$/добу.

Визначено середню кількість використання біогазу на фермі $м^3$/рік: на виробництво електроенергії – 143013 (28,5%), на опалення та гаряче водопостачання – 104281 (19,97%), на виготовлення кормів – 145320 (26,56%), на сушіння біомаси (добрива) – 135575 (24,97 %).

Визначено кількість викидів CO_2 при спалюванні біогазу - 495,5 т/рік. Зменшення викидів CO_2 для біогазової установки, що розглядається, складе - 324,56 т/рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Трипольська Г.С., Дячук О.А., Подолець Р.З., Чепелєв М.Г., біогазові проекти в Україні: перспективи, наслідки та регуляторна політика 2018 с. 1-18.

2. Георгий Гелетуха, Петр Кучерук, Юрий Матвеев Предпосылки развития биоэнергетики в Украине с. 8 – 15.

3. Е.Д. Гельфанд Технология биотоплив. С. 45 – 51.

4. Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.8 с. 1 – 8.

5. Производство биотоплива в развивающихся странах: проблемы и перспективы Г. В. Кузнецова с. 2 – 8.

6. Колосов О. Є., Рябцев Г. Л., Сівецький В. І., Сідоров Д. Е., Пристайлов С. О. Високоефективні засоби приготування біопалива с. 78 – 95.

7. Калетнік Г.М. Розвиток ринку біопалив в Україні: / моногр. / Г.М. Калетнік. – К.: Аграрна наука, 2008. – 464 с.

8. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підруч. / О. Адаменко [та ін.]. – Івано-Франківськ : Полум’я, 2000. – 255 с.

9. . Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад / В.О. Дубровін [та ін.]. – Київ-Kaunas : Taurapolis, 2009. – 120 с.

10. Біопаливо та відновлювальні джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку / Матеріали наук.-практ. конф. – Вінниця: РВВ ВДАУ, 2006. – 103 с.

11. Дев’яткіна, С. С. Альтернативні джерела енергії: навч. посіб. / С. С. Дев’яткіна, Т. Ю. Шкварницька. – К.: НАУ, 2006. – 92 с.

12. Калетнік Г.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України : навч. посібник / Г.М. Калетнік, В.М. Пришляк. – Вінниця: Енозіс, 2008. – 192 с.

13. Рябцев Г. Л. Биодизель от «А» до «Я» / Геннадий Рябцев // Терминал. – 2007. – № 48. – С.8-15.

14. Ковалко, М.П. Розвинута енергетика – основа національної безпеки України / М.П. Ковалко, О.М. Ковалко. – К.: Бізнес поліграф, 2009. – 104 с.

15. Мартинов, А. В. Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії: навч. посіб. / А. В. Мартинов, О. Б. Нєженцев, М. О. Шевченко. – Луганськ, / Наук. техн.ун-т «КПІ». – К., 2005. – Гл. 6. – С. 106–128.

16. Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії / А.В. Мартинов, О. Б. Нєженцев, М. О. Шевченко : навч. посіб. – Луганськ, 2003.– 129 с.

17. Особливості експлуатації дизелів сільськогосподарської техніки на біопаливі та його сумішах / [В.А. Войтов, А.Б. Калюжний, П.М. Климов, М.Г. Сандомирський, С.П. Сорокін, С.А.Шевченко, М.С. Даценко, М.В. Карнаух, О.М. Шевченко] за ред. Д.І. Мазоренка і Л.М. Тищенка. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – 74 с.