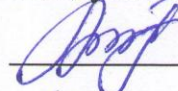


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут
Кафедра екології та природоохоронних технологій

«Допущений до захисту»

Завідувачка кафедри



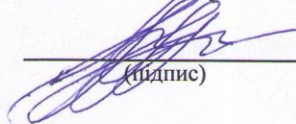
Трохименко Г.Г

« 10 » 12 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему **«ЕКОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В
АВТОНОМНІЙ СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ»**

Виконав: студент 6281м групи

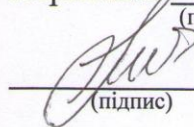


(підпис)

Гонта Д.Ю.

Керівник: к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Літвак С.М.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра екології та природоохоронних технологій

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент Літвак С.М.



“ ” 10 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»**

Студенту Гонті Дмитру Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Екологічне обґрунтування ефективності технології використання твердого біопалива в автономній системі теплопостачання»

Керівник роботи Літвак Сергій Михайлович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № від « » 2023 року

2. Термін подання роботи: 05.12.2023 р. по 10.12.2023 р.

3. Вихідні дані по роботі: технічна документація, нормативні акти, статистичні дані.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

1. Теоретичні основи та перспективи розвитку біоенергетики.

2. Переваги автономного теплопостачання та вимоги до котельень.

3. Технічна характеристика досліджуваної системи теплопостачання лікарні.

4. Оцінка впливу на довкілля котельні та пристрої з очищення атмосферного повітря.

5. Техніко-економічне обґрунтування ефективності технології використання твердого біопалива в автономній системі теплопостачання міської лікарні.

6. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів: Презентація – 19 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5	Літвак О.А., к.е.н., доцент	 02.11.2023	 05.12.23
6	Маринець О.М., к.т.н., доцент	 02.11.2023	 05.12.23

7. Дата видачі завдання 03.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготовчий етап: вибір теми, розроблення та обґрунтування завдань дослідження	вересень 2023 р.	
2	Опрацювання об'єктної частини дослідження (теоретичний етап)	вересень- жовтень 2023 р.	
3	Проведення дослідницької частини роботи щодо реконструкції котельні лікарні та ефективності використання твердого біопалива в автономній системі теплопостачання	жовтень-листопад 2023 р.	
4	Аналітичний етап – обробка та інтерпретація результатів досліджень	листопад 2023 р.	
5	Підготовка тексту кваліфікаційної роботи	до 05.12.2023 р.	
6	Перевірка роботи на наявність текстових збігів/ідентичності/схожості із використанням програмно-технічного засобу	до 07.12.2023 р.	
7	Рецензування кваліфікаційної роботи	25.11.2023 р.- 05.12.2023 р.	
8	Попередній розгляд кваліфікаційної роботи на кафедрі.	10.12.2023 р.- 14.12.2023 р.	
9	Офіційний захист кваліфікаційної роботи на засіданні АК	21.12.2023 р.- 23.12.2023 р.	

Студент

(підпис)

Гонта Д.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Літвак С.М.
(прізвище та ініціали)

Анотація
до кваліфікаційної роботи «Екологічне обґрунтування ефективності
технології використання твердого біопалива в автономній системі
теплопостачання»
студента гр. 6281м Гонти Дмитра Юрійовича

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування процесу впровадження автономної системи теплопостачання і визначення обладнання для забезпечення охорони атмосферного повітря при експлуатації твердопаливних котлів в котельні міської лікарні.

В першому розділі розглянуто теоретичні основи та перспективи розвитку біоенергетики. Вивчено потенціал біоенергії в Україні і чинники, що визначають необхідність та перспективність розвитку біоенергетики в Україні.

Другий розділ присвячено розгляду переваг та недоліків централізованої та автономної системи теплопостачання. Обґрунтовано екологічні переваги використання твердого біопалива в системах теплопостачання.

У третьому розділі подано технічну характеристику досліджуваної системи теплопостачання лікарні та виконано вибір твердопаливних котлів з урахуванням теплового навантаження на котельню. Наведено технічні характеристики і принцип дії обраних пелетних котлів, що працюють на деревних гранулах і агропелетах.

У четвертому розділі виконано розрахунок обсягів забруднюючих речовин, що виділяються з димовими газами при експлуатації пелетних котлів в котельні міської лікарні. Обґрунтовано вибір і наведено технічні характеристики мультициклону для очищення атмосферного повітря від димових газів при експлуатації котельні.

У п'ятому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування ефективності технології використання твердого біопалива в автономній системі теплопостачання міської лікарні.

Шостий розділ присвячено висвітленню питань охорони праці та техніки безпеки при експлуатації котельні з твердопаливними котлами.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, двох додатків. Основний зміст викладено на 97 сторінках комп'ютерного тексту, у тому числі 19 рисунків, 11 таблиць, список використаних джерел із 67 найменувань.

Ключові слова: котельня, автономна система теплопостачання, пелетний котел, біопаливо, деревні гранули, гранули з лушпиння соняшника, викиди забруднюючих речовин, димові гази, мультициклон.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Summary

to the qualification work «Ecological substantiation of the efficiency of solid biofuel technology in an autonomous heat supply system»

Honta Dmytro

The purpose of the qualification work is to substantiate the process of implementing an autonomous heat supply system and to determine the equipment for ensuring the protection of atmospheric air during the operation of solid fuel boilers in the boiler room of the city hospital.

The first chapter examines the theoretical foundations and prospects for the development of bioenergy. The potential of bioenergy in Ukraine and the factors that determine the need and prospects for the development of bioenergy in Ukraine have been studied.

The second chapter is devoted to consideration of the advantages and disadvantages of the centralized and autonomous heat supply system. The ecological advantages of using solid biofuel in heat supply systems are substantiated.

In the third section, the technical characteristics of the studied heat supply system of the hospital are given and the selection of solid fuel boilers is made, taking into account the heat load on the boiler room. The technical characteristics and principle of operation of selected pellet boilers operating on wood pellets and agricultural pellets are given.

In the fourth chapter, the amount of pollutants emitted with flue gases during the operation of pellet boilers in the boiler room of the city hospital is calculated. The choice is justified and the technical characteristics of the multicyclone for cleaning atmospheric air from flue gases during the operation of the boiler house are given.

In the fifth chapter, the technical and economic substantiation of the effectiveness of the solid biofuel technology in the autonomous heat supply system of the city hospital is performed.

The sixth chapter is devoted to the coverage of occupational health and safety issues during the operation of a boiler room with solid fuel boilers.

The qualification work consists of an introduction, six chapters, conclusions, a list of used sources, and two appendices. The main content is laid out on 97 pages of computer text, including 19 figures, 11 tables, a list of used sources with 67 names.

Key words: boiler house, autonomous heat supply system, pellet boiler, biofuel, wood pellets, sunflower husk pellets, emissions of pollutants, flue gases, multicyclone.

					183.6281М.03.KP	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ	10
1.1 Основні поняття та принципи біоенергетики	10
1.2 Перспективи розвитку біоенергетики	15
1.3 Використання твердого біопалива у відновлюваній енергетиці	24
1.4 Технології для промислового спалювання та перетворення в енергію біомаси	30
РОЗДІЛ 2 ПЕРЕВАГИ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ВИМОГИ ДО КОТЕЛЕНЬ.....	34
2.1 Переваги та недоліки централізованої та автономної системи теплопостачання	34
2.2 Вимоги до котелень автономної системи теплопостачання з твердопаливними котлами	38
2.3 Водопідготовка для ефективної роботи системи теплопостачання.....	44
2.4 Використання альтернативного палива в котельнях	47
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЛІКАРНІ	55
3.1 Основні відомості про систему теплопостачання лікарні	55
3.2 Вибір твердопаливних котлів та їх технічні характеристики	58
3.3 Принцип роботи пелетного котла Marten MIT-700P	61
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОТЕЛЬНОЇ НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПРИРОДООХОРОННОГО ЗАХОДУ	64
4.1 Оцінка впливу експлуатації автономної котельні на навколишнє середовище	64
4.2 Заходи щодо очищення газових викидів при експлуатації котельні	69
4.3 Будова і технічні характеристики мультициклона	74

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В АВТОНОМНІЙ СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ	78
5.1 Основні економічні показники роботи котельні	78
5.2 Визначення економічної ефективності впровадженого заходу	81
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	83
6.1 Загальні вимоги з охорони праці при експлуатації котельні.....	83
6.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	85
6.3 Розрахунок штучного освітлення в приміщенні котельні	86
6.4 Вимоги техніки безпеки при експлуатації твердопаливних котлів..	88
ВИСНОВКИ	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
Додатки	100

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Існування та подальший розвиток сучасної цивілізації потребує розширеного виробництва та споживання енергії. В даний час основними джерелами енергії є викопні палива – вугілля, нафта і природний газ, за рахунок яких задовольняються близько 80% світової потреби енергії. На жаль, запаси викопних джерел палива виснажуються. За оцінками при сучасному рівні споживання енергії відомих резервів кам'яного вугілля вистачить лише на 130-150 років, а нафти менш як на 100 років. Розвіданих резервів газу більше, але вони скорочуються.

Останнім часом було знайдено великі обсяги сланцевої нафти та сланцевого газу розробкою, які займаються переважно США. Однак виробництво сланцевого палива є дорожчим, ніж традиційної нафти та природного газу; крім того, запаси цих нетрадиційних видів викопного палива також обмежені.

Додатковою проблемою є також те, що виробництво енергії шляхом спалювання вугілля та вуглеводневого палива супроводжується викидом в атмосферу величезних обсягів парникового газу – вуглекислоти та токсичних газів. Так, спалювання 1 тонни природного газу, нафти та нафтопродуктів супроводжується виділенням понад 3 тонни вуглекислого газу, а при спалюванні 1 тонни різних видів вугілля утворюється 3.5-3.7 тонн вуглекислого газу. Крім того, при спалюванні вугілля та деяких видів вуглеводневого палива виділяються токсичні оксиди сірки.

В останні роки з метою покращення стану навколишнього середовища, поповнення дефіциту енергії та збереження сталого розвитку цивілізації все більша увага приділяється біоенергетиці заснованої на виробництві та використанні різних видів біопалива – твердого (паливні брикети та ін), рідкого (біоетанол, біодизельне паливо тощо) і газоподібного (біогаз) як альтернативних джерелам енергії. Значною перевагою біопалив у порівнянні з невідновними джерелами енергії є те, що сировиною для його виробництва є біомаса рослин, яка постійно відновлюється в природі завдяки фотобіосинтезу.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Встановлено, що загальні запаси рослинної біомаси становлять близько 3 трлн. тонн та щорічно збільшуються на 5-7%. Енергетичний потенціал рослинної біомаси Землі приблизно у 100 разів перевищує загальну кількість споживання енергії у світі протягом року. Проте в даний час використовується лише незначна частина енергетичного потенціалу біомаси, в основному за рахунок спалювання твердого палива – дров та рослинних відходів.

Однак, для повної реалізації потенціалу твердого біопалива потрібне проведення додаткових досліджень, інвестиції в технології та виробництво, а також регулювання з боку держави.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування процесу впровадження автономної системи теплопостачання і визначення обладнання для забезпечення охорони атмосферного повітря при експлуатації твердопаливних котлів в котельні міської лікарні.

Об'єктом дослідження є автономна система теплопостачання міської лікарні м. Миколаєва.

Предметом дослідження є процеси використання альтернативних видів палива при експлуатації котельні.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні **завдання**:

- дослідити теоретичні основи та перспективи розвитку біоенергетики в країнах світу і в Україні;
- визначити переваги та недоліки централізованої і автономної системи теплопостачання;
- обґрунтувати екологічні переваги використання твердого біопалива в системах теплопостачання;
- надати технічну характеристику досліджуваної системи теплопостачання лікарні та провести вибір твердопаливних котлів з урахуванням теплового навантаження на котельню;
- навести опис, технічні характеристики і принцип дії обраних пелетних котлів, що працюють на деревних гранулах і агропелетах;
- виконати розрахунок обсягів забруднюючих речовин, що виділяються з димовими газами при експлуатації пелетних котлів в котельні міської лікарні;

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- обґрунтувати вибір і навести технічні характеристики мультициклону для очищення атмосферного повітря від димових газів при експлуатації котельні;
- виконати техніко-економічне обґрунтування ефективності технології використання твердого біопалива в автономній системі теплопостачання міської лікарні;
- навести основні вимоги з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації котельні з твердопаливними котлами.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
БІОЕНЕРГЕТИКИ

1.1 Основні поняття та принципи біоенергетики

Біоенергетика – це наука, яка вивчає процеси перетворення органічних речовин на енергію в живих організмах. Вона є однією з ключових областей екологічно чистої енергетики та має велике значення для людства.

Основними принципами біоенергетики є процеси метаболізму в клітинах, які дозволяють організмам використовувати енергію, отриману від їжі, для виконання різних функцій. Роль мітохондрій у процесі біоенергетики у тому, що вони є місцем, де відбувається синтез основного джерела енергії організму – АТФ.

Використання біоенергії може допомогти зменшити залежність від нафтопродуктів та інших джерел енергії, а також знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Біопаливо та біогаз – це одні з найпоширеніших видів біоенергії, які одержують із рослинних або тваринних відходів, що зазнають спеціальної обробки.

Нові технології в галузі виробництва біопалива та біогазу дозволяють значно підвищити ефективність процесу виробництва та використання біоенергії. Крім того, розвиток альтернативних джерел біоенергії, таких як енергія від сонця, вітру та води, має великий потенціал для розвитку біоенергетики.

Значення біоенергетики для людства полягає в тому, що вона дозволяє нам краще розуміти процеси, що відбуваються в живих системах, та використовувати отримані знання для покращення здоров'я, підвищення продуктивності сільського господарства та розвитку нових методів лікування багатьох захворювань. Наприклад, біоенергетичні методи лікування є альтернативними підходами до медичної терапії, які ґрунтуються на використанні енергії для стимулювання самозцілення організму. Також біоенергетика використовується у

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

галузі фотосинтезу, де її дослідження допомагають покращити врожайність сільськогосподарських культур та створити нові види рослинної продукції.

Таким чином, біоенергетика є важливою наукою, яка має широке практичне застосування та сприяє просуванню науки та технології у світі.

Основні принципи біоенергетики включають:

1. Закон збереження енергії – це закон, який стверджує, що енергія не може бути створена або знищена, а лише перетворена з однієї форми на іншу;
2. Другий закон термодинаміки – це закон, який стверджує, що в будь-якому процесі частина енергії перетворюється на тепло, яке не можна повністю використовувати для роботи;
3. Транспорт енергії – це процес передачі енергії від місця до іншого. У живих організмах енергія передається за допомогою різних молекул, таких як АТФ (аденозинтрифосфат), НАДН (нікотинамідаденіндинуклеотид) і ФАДН (флавінаденіндинуклеотид);
4. Перетворення енергії – це процес перетворення енергії з однієї форми на іншу. Наприклад, фотосинтез перетворює енергію світла на хімічну енергію, яка використовується рослинами для зростання та розвитку;
5. Енергетичні реакції – це процеси, пов'язані з виділенням чи поглинанням енергії у живих організмах. До таких реакцій відносяться дихання, фотосинтез та метаболізм.

Ці принципи є основою біоенергетики та допомагають пояснити, як живі системи отримують, транспортують та використовують енергію для підтримання життя.

Людина використовує біоенергію, яку одержує з їжі, для виконання різних функцій та підтримки життєдіяльності організму. У процесі травлення наш організм розкладає їжу на простіші компоненти, з яких потім виділяється енергія у формі АТФ (аденозинтрифосфату). Ця енергія використовується для підтримки основних життєвих процесів, таких як дихання, серцевий ритм, терморегуляція, м'язова активність та багато іншого.

Крім того, людина може використовувати свою біоенергію для вирішення різних завдань, наприклад, для роботи м'язів при фізичних вправах або для

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

виконання розумової роботи. Однак, щоб забезпечити високу продуктивність та ефективність, необхідно стежити за своїм загальним здоров'ям та фізичною формою, адже втома та стрес можуть знижувати рівень доступної біоенергії.

Біопаливо – це паливо, що отримується з рослинного матеріалу або живих організмів, які можуть швидко відновитись. Біопаливо може бути виготовлено з різних джерел, таких як зернові культури, деревина, відходи сільського господарства, водорості, тваринні відходи та багато іншого.

Існує кілька видів біопалива. Наприклад, біодизельне паливо виробляється з олії, а етанол із цукру чи крохмалю. Біогаз може бути виготовлений з відходів харчової та землеробської промисловості, а біомаса може використовуватися для виробництва тепла та електроенергії.

Виробництво біопалива зазвичай включає збирання та очищення сировини, його переробку і майже завжди вимагає певного ступеня обробки та конвертації у відповідне паливо. Також виробництво біопалива може бути пов'язане з деякими екологічними проблемами, наприклад зменшенням доступних земель для сільського господарства та ризику забруднення навколишнього середовища.

Незважаючи на це, використання біопалива має багато переваг. Воно може скоротити залежність від нафти та газу, зменшити викиди парникових газів, створити нові робочі місця у сільському господарстві та покращити екологічний стан місцевості. Однак важливо також враховувати витрати на виробництво біопалива та його конкурентоспроможність на ринку.

Енергія відходів – це енергія, одержувана з обробки та утилізації різних видів відходів, таких як металеві та пластикові відходи, органічні відходи, папір, картон тощо. Ця енергія може бути використана для виробництва тепла та електроенергії. Перспективи використання енергії відходів дуже обнадійливі. По-перше, це допомагає скоротити кількість відходів на звалищах та у сміттєвих полігонах, що сприяє екологічній безпеці місцевості. По-друге, це призводить до зниження залежності від нафти та інших джерел енергії, що значно скорочує негативний вплив на довкілля.

Існують різні технології отримання енергії з відходів, такі як спалювання, газифікація, піроліз та інші методи переробки. Кожен з них має свої переваги та

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

недоліки, і вибір конкретного методу залежить від типу відходів та основної мети використання енергії.

Однак деякі експерти попереджають про можливі проблеми використання енергії відходів, таких як високі витрати на переробку та транспортування відходів, а також ризики забруднення навколишнього середовища при спалюванні відходів.

Незважаючи на це, використання енергії відходів є одним із найперспективніших напрямків у галузі відновлюваної енергетики, і ймовірно, що його значущість продовжуватиме зростати в майбутньому.

Біоенергія у сільському господарстві: роль біогазу та біопалива. Біоенергія відіграє важливу роль у сільському господарстві, де її можна використовувати для виробництва біогазу та біопалива.

Біогаз – це газ, одержуваний шляхом переробки органічного матеріалу (наприклад, гною або рослинних відходів) у спеціальних біогазових установках. Біогаз може використовуватись для виробництва тепла та електроенергії, а також як паливо для транспорту.

Біопаливо – це паливо, одержуване з біомаси (наприклад, тирси, соломи, тваринних відходів тощо). Біопаливо може використовуватись для виробництва тепла та електроенергії, а також як паливо для автомобілів.

Переваги використання біогазу та біопалива у сільському господарстві очевидні. По-перше, це екологічно чисті джерела енергії, які не завдають шкоди довкіллю. По-друге, використання біогазу та біопалива може значно знизити витрати на енергію у сільському господарстві, що особливо важливо для малих та середніх фермерів. Крім того, виробництво біогазу та біопалива може стати додатковим джерелом доходу для фермерів, оскільки вони можуть продавати надлишки енергії на ринку.

Таким чином, використання біогазу та біопалива у сільському господарстві має великий потенціал для покращення екології, скорочення витрат на енергію та підвищення прибутковості фермерського бізнесу.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.2 Перспективи розвитку біоенергетики

Перспективи розвитку біоенергетики досить високі, оскільки використання біомаси як джерела енергії має низку переваг перед традиційними джерелами.

По-перше, біомаса є відновлюваним джерелом енергії, заснованим на процесах життєдіяльності рослин та тварин. На відміну від нафти, вугілля та газу, які є кінцевими копалинами, біомаса може надходити у тривалому часовому періоді.

По-друге, виробництво та використання біоенергії можуть призвести до зниження викидів парникових газів, таких як вуглекислий газ, що допоможе боротися зі зміною клімату.

По-третє, біоенергія може бути додатковим джерелом доходу для сільськогосподарських підприємств та інших організацій, зайнятих у виробництві біомаси.

По-четверте, розвиток біоенергетики може сприяти створенню нових робочих місць, особливо у сільських районах.

Однак, необхідно враховувати і деякі проблеми, пов'язані з виробництвом біоенергії, такі як конкуренція з використанням землі для виробництва продовольства, високі витрати на виробництво, транспортування та зберігання біомаси, а також можливе забруднення довкілля під час переробки біомаси.

Тим не менш, сучасні технології з виробництва та використання біоенергії стають все більш ефективними та екологічно безпечними, що дає підстави вважати, що біоенергетика продовжуватиме розвиватися та ставатиме все більш значущою в енергетиці.

У галузі виробництва біопалива та біогазу спостерігається постійний розвиток та застосування нових технологій. Деякі з них включають:

- ферментація відходів продуктів харчування: дана технологія використовує мікроорганізми для переробки органічних відходів на біогаз, який може бути використаний для генерації електроенергії.

- гідротермальна обробка: це метод обробки біомаси у високотемпературному та високодавленому водному середовищі, що призводить до отримання рідкого біопалива.

- піроліз: цей процес здійснює переробку органічних матеріалів на газоподібні або рідкі вуглеводні за високої температури без доступу повітря.

- газифікація: це процес конвертації вуглеводнів у газ, що складається переважно з водню та вуглекислого газу, який може бути використаний як паливо для генерації електроенергії.

- анаеробне розщеплення відходів: у цьому методі органічні відходи піддаються переробці за допомогою бактерій в анаеробних умовах, що дозволяє отримати біогаз.

Ці технології дозволяють ефективно використовувати біомасу та органічні відходи для виробництва біопалива та біогазу. Вони мають великий потенціал для заміщення традиційних джерел енергії та скорочення викидів парникових газів.

Розвиток альтернативних джерел біоенергії відбувається на тлі збільшення попиту на енергію та необхідності скорочення викидів парникових газів. Деякі з нових напрямків розвитку альтернативних джерел біоенергії включають:

- виробництво біогазу із сільськогосподарських відходів: сільськогосподарські відходи, такі як гній та сіно, можуть бути використані для виробництва біогазу за допомогою анаеробного зброджування;

- виробництво біопалива з лісової сировини: лісовий біоматеріал, такий як тирса та тріска, може бути використаний для виробництва біопалива.

- використання органічних відходів харчової промисловості: органічні відходи, такі як цукрова тростина або лушпиння кукурудзи, можуть бути використані для виробництва біопалива.

- використання мікроводоростей: мікроводорості є одним із перспективних джерел біомаси для виробництва біопалива та біогазу. Вони можуть рости дуже швидко і містять велику кількість ліпідів, які можуть бути використані для виробництва біодизеля.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Розвиток цих технологій дозволяє розширити можливості виробництва біоенергії та підвищити її конкурентоспроможність у порівнянні з традиційними джерелами енергії. Однак, необхідно враховувати екологічні, соціальні та економічні аспекти при виборі найкращої технології виробництва біоенергії.

Роль біоенергетики у боротьбі зі зміною клімату. Біоенергетика відіграє важливу роль у боротьбі зі зміною клімату. На відміну від традиційних джерел енергії, виробництво біоенергії ґрунтується на використанні відновлюваних джерел енергії, таких як біомаса, органічні відходи та інші альтернативні джерела. Це дозволяє скоротити викиди парникових газів, які є основними причинами зміни клімату.

Застосування біоенергії також може сприяти зниженню залежності від нафти, покращенню екологічної обстановки та створенню нових робочих місць у сільському господарстві та інших суміжних галузях.

Однак при використанні біоенергії необхідно враховувати екологічні, соціальні та економічні аспекти. Наприклад, використання певних видів біомаси може призвести до деградації ґрунту та зменшення біорізноманіття. Також необхідно враховувати питання доступності та ціни на біоенергетичні ресурси, а також їхню конкуренцію з іншими видами використання земельних ресурсів.

Світові тенденції розвитку біоенергетики. Сучасна біоенергетика сьогодні є найбільшим джерелом відновлюваної енергії у світі, на її частку припадає 55% відновлюваної енергії та понад 6% світового енергопостачання. У травні 2021 року Міжнародна енергетична агенція (МЕА, IEA) опублікувало знакову доповідь «Чисті нульові викиди до 2050 року: дорожня карта для глобального енергетичного сектора», в якій агентство закликала припинити будь-які інвестиції в нові проекти з видобутку викопного палива. В оновленій «Дорожній карті Net Zero 2023» МЕА повторює тезу 2021 року: жодних інвестицій у викопне паливо понад затверджені 2021 року.

Сценарій «Чисті нульові викиди до 2050 року» (NZE) передбачає швидке зростання використання біоенергії для заміни викопного палива до 2030 року. Використання сучасної біоенергії збільшувалося в середньому приблизно на 3% на рік у період з 2010 до 2022 року і має тенденцію до зростання (рис.1.1).

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Необхідні додаткові зусилля для прискорення впровадження сучасної біоенергетики, щоб йти за сценарієм NZE, який вимагає збільшення впровадження на 8% на рік у період з 2022 по 2030 рік, водночас забезпечуючи, щоб виробництво біоенергії не спричиняло негативних соціальних та екологічних наслідків.

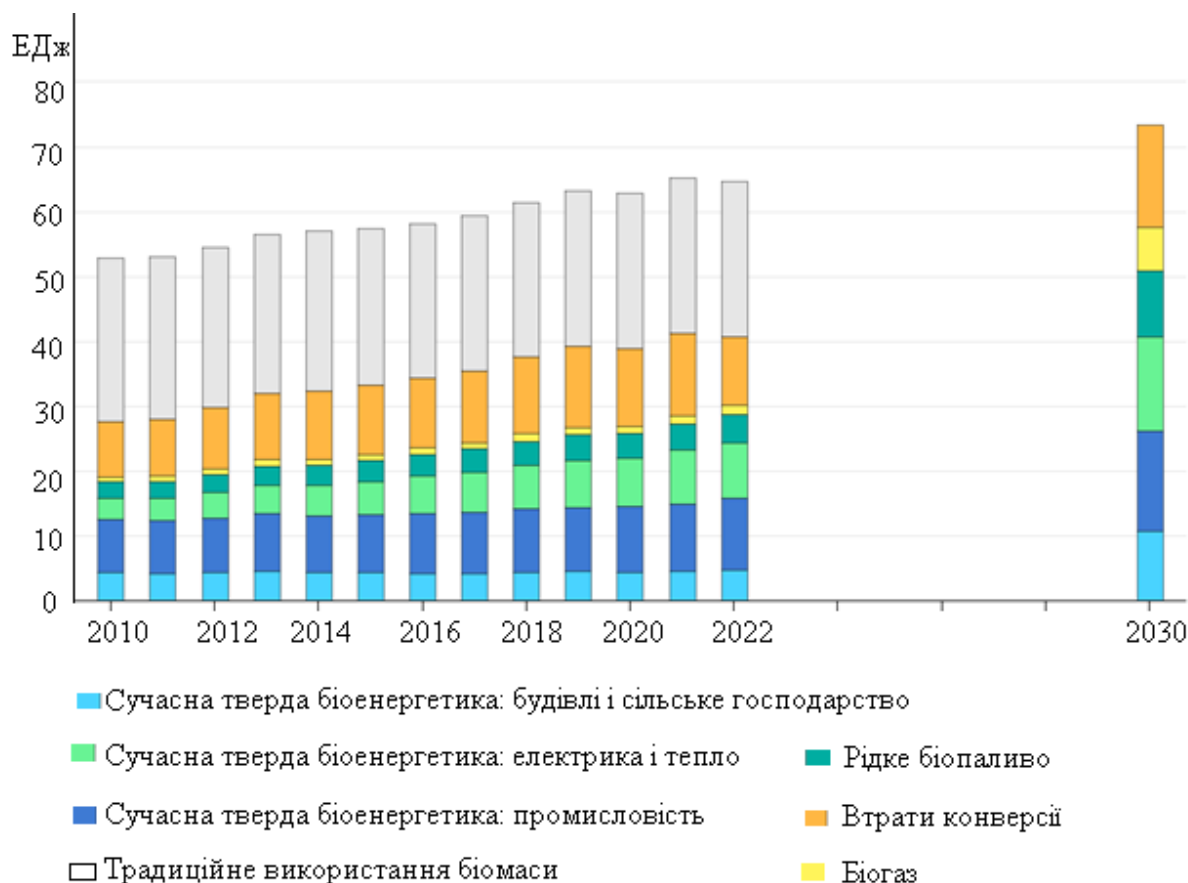


Рис. 1.1 – Використання біоенергії по секторах у всьому світі у сценарії «Чистий нульовий рівень», 2010–2030 рр. [62]

Примітки. Традиційне використання біомаси відноситься до біомаси, яка використовується у традиційних методах приготування їжі з використанням базових технологій, таких як трикам'яний вогонь або базова покращена кухонна плита (рівень ISO 0-1). Сучасна тверда біоенергетика включає всю тверду біоенергетику, за винятком традиційного використання біомаси.

Помітного прогресу у розвитку біоенергетики досягли деякі країни світу (рис. 1.2). У березні 2023 року Європейський Союз досягнув попередньої угоди між Радою та Парламентом про оновлення Директиви щодо відновлюваних джерел енергії (RED III). Угода включає посилення критеріїв стійкості використання біомаси для виробництва енергії шляхом застосування принципу «каскадування» та обліку національних пріоритетів. Європейський Союз також

поставив мету в 2022 році досягти 35 мільярдів кубометрів щорічного виробництва біометану до 2030 року (порівняно з 3,5 мільярдами кубометрів сьогодні) і у вересні 2022 року запустив Промислове партнерство з біометану, щоб допомогти підтримати цю мету.

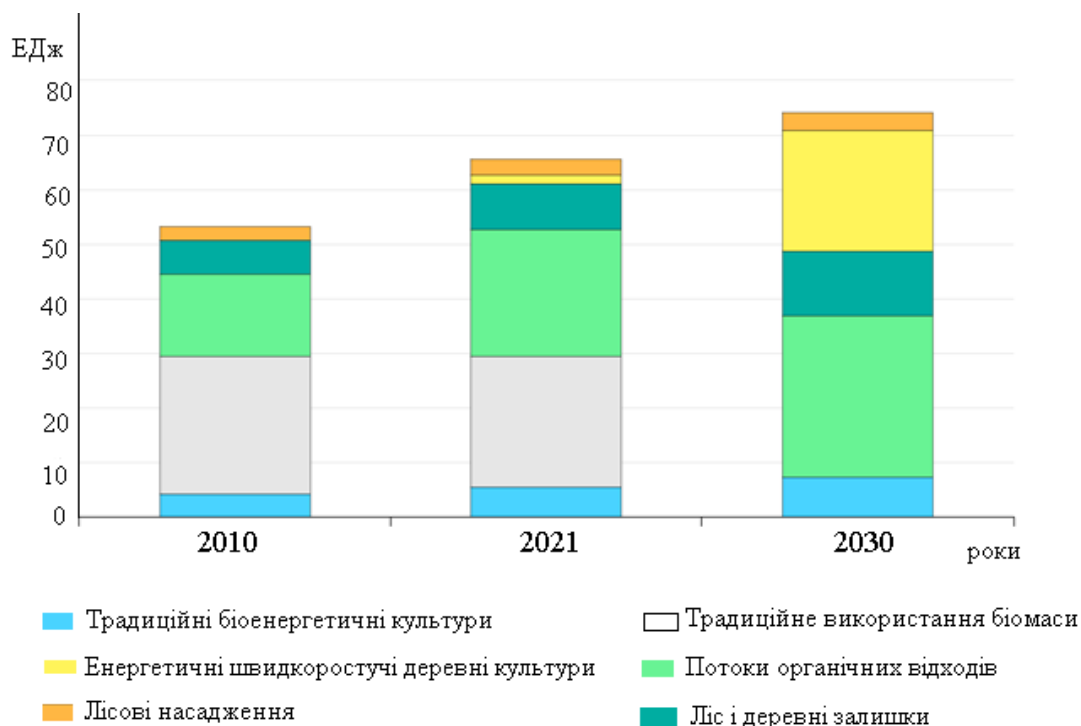


Рис 1.2 – Глобальний потенціал біоенергії у сценарії Net Zero, 2010-2030 pp. [62]

Примітки. NZE = чистий нульовий викид згідно сценарію 2050 року. До відходів та залишків відносяться відходи сільського господарства, харчової промисловості, промислові та побутові відходи, відходи лісового господарства та деревообробки; вони не вимагають земельної ділянки. Енергетичні культури включають традиційні харчові енергетичні культури та сучасні деревні культури з короткою сівозміною.

Сполучені Штати оголосили про важливе нове фінансування у 2022 році відповідно до Закону про зниження інфляції, який забезпечує фінансування кількох етапів ланцюжка створення вартості у біоенергетиці, у тому числі розширення використання стійких ресурсів біомаси та відходів у Сполучених Штатах для виробництва екологічно чистого авіаційного палива, хімікатів та біоматеріалів, включаючи сучасні добрива, та стимулювати інновації у цих секторах, у тому числі у конверсійних технологіях.

У 2022 році Індія продовжила свою програму з біомаси для підтримки внутрішнього виробництва та використання твердого та газоподібного біогазу до 2026 року.

У 2022 році Австралія вирішила виключити спалювання деревини місцевих лісів для виробництва електроенергії зі своїх цілей у сфері відновлюваних джерел енергії, скасувавши рішення, прийняте у 2015 році, і тим самим допомагаючи забезпечити стійке отримання біоенергетичних ресурсів.

Бразилія запровадила заходи щодо підтримки сталого виробництва біогазу у 2022 році. Канада ввела в дію свої «Положення про чисте паливо» у липні 2023 року, проводячи політику підтримки розширення постачання сировини. У 2022 році Індонезія, Бразилія та Аргентина збільшили обсяги використання біопалива у транспортному секторі (рис. 1.3).

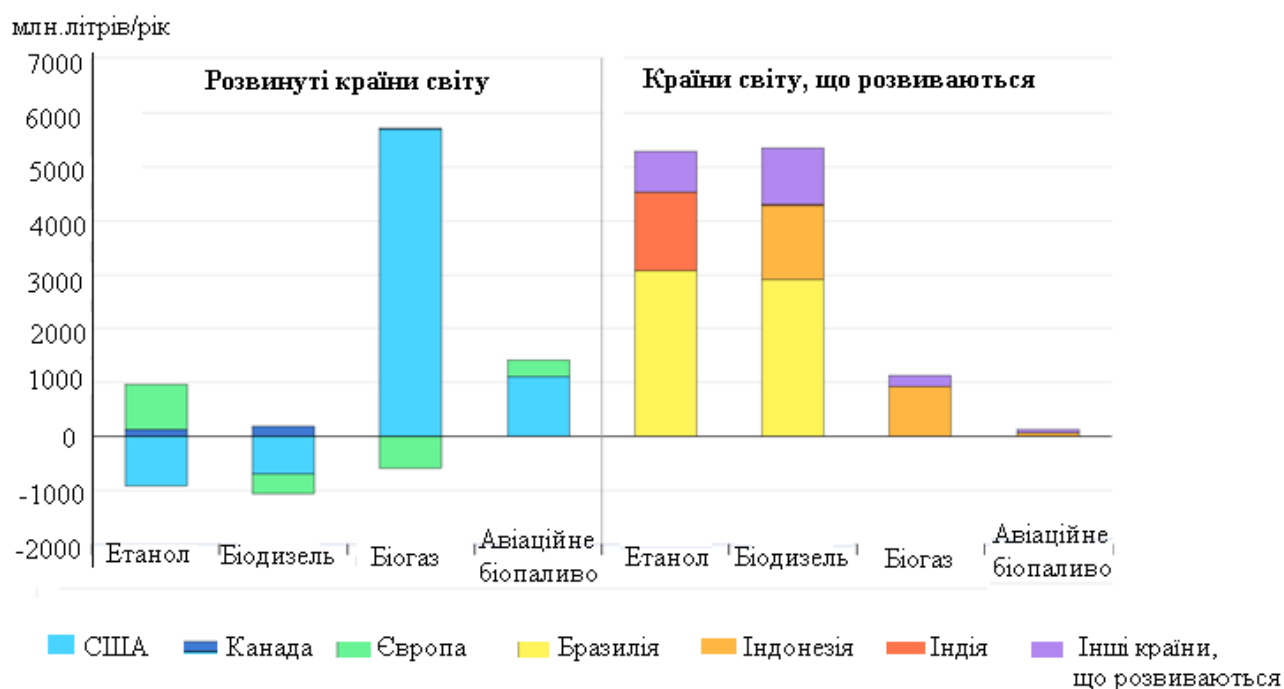


Рис. 1.3— Зростання попиту на біопаливо за видами палива та регіонами, 2022–2024 роки [56]

Хоча цей прогрес є позитивним, використання біоенергії розширювалося повільніше, ніж потрібно у сценарії «Чистий нульовий рівень» – тому потрібна розширена політична підтримка.

Майже дві третини зростання попиту на біопаливо припадає на країни, що розвиваються, у першу чергу Індію, Бразилію і Індонезію. Всі три країни мають достатню кількість внутрішньої сировини, додаткові виробничі потужності, відносно низькі витрати та пакет політичних заходів, які використовуються для збільшення попиту. Політика всіх трьох країн також будується на формуванні енергетичної безпеки, так як більш широке використання біопалива, компенсує частину імпорту нафти.

Перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Україна має значний потенціал використання біоресурсів у енергетичних цілях і при цьому може заощадити величезні кошти, необхідні для закупівлі нафти та газу. На землях, схильних до вітрової та водної ерозії, непридатних до використання в сільськогосподарських цілях, можна висаджувати швидкозростаючі енергетичні культури, які дають великий приріст біомаси за короткий термін. Це допомогло б зміцнити ґрунт, зберегти родючість та отримати якісну біомасу. Деякі площі використовуються для посіву енергетичних культур першого покоління, у тому числі олійних як сировина для виробництва палива. За оцінкою Біоенергетичної асоціації України, станом на 2019 р. потенціал енергії з біомаси складає 23,63 млн т н.е (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Потенціал енергії з біомаси в Україні (2019 р.)

Вид біомаси	Теоретичний потенціал млн. тонн	Потенціал доступний для енергетики, млн. т н.е.
Солома зернових	37,5	3,84
Солома ріпаку	5,9	0,81
Побічні продукти кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	46,6	3,57
Побічні продукти соняшника (стебла, корзинки)	29,0	1,66
Вторинні відходи сільськогосподарські (лушпиння соняшника)	2,6	1,08
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, деревні відходи)	7,4	1,73
Деревна біомаса (сухостій, деревина із захисних лісосмуг)	8,8	1,02
Біодизель з ріпаку	-	0,46
Біоетанол (з кукурудзи і цукрового буряку)	-	0,79
Біогаз з агровідходів	2,8 млрд м ³ CH ₄	0,99
Біогаз з полігонів твердих побутових відходів	0,6 млрд м ³ CH ₄	0,14
Біогаз зі стічних вод	0,4 млрд м ³ CH ₄	0,09
Енергетичні культури: верба, тополя, міскантус (на 1 млн га)	11,5	4,88
Енергетичні культури: кукурудза на біогаз (на 1 млн га)	3,0 млрд м ³ CH ₄	2,57
ВСЬОГО	-	23,63

Основними складовими цього потенціалу є побічні продукти рослинництва (10,96 млн т н.е. або 46,4% від загального потенціалу біомаси) та енергетичні культури (7,45 млн т н.е. або 31,5% від загального потенціалу) (рис. 1.4). Побічні продукти рослинництва включають соломку зернових і ріпаку, стебла кукурудзи, соняшнику і т.п. Енергетичні культури включають у себе вербу, тополь та міскантус для твердого біопалива і кукурудзу для біогазу [51].



Рис. 1.4 – Структура енергетичного потенціалу біомаси в Україні [45]

Важливість розвитку біоенергетики в Україні визначається чинниками, що наведені на рис. 1.5.

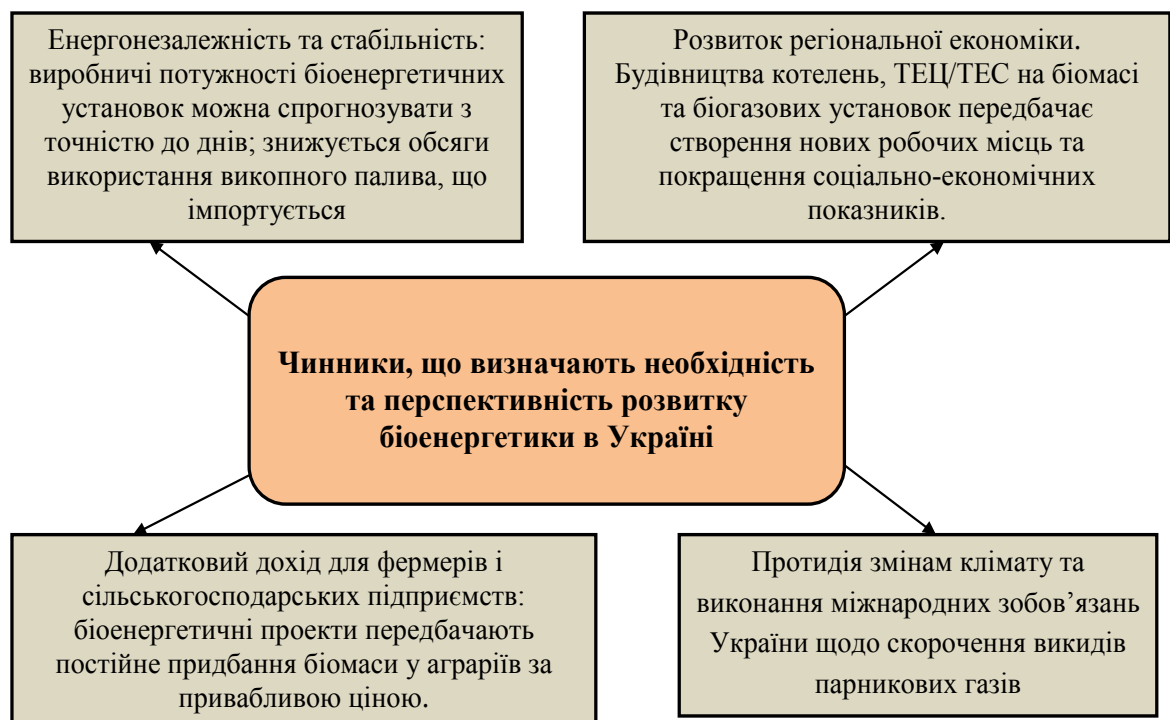


Рис. 1.5 – Чинники, що визначають необхідність та перспективність розвитку біоенергетики в Україні

За даними Державної служби статистики, частка біопалива та відходів в енергетичному балансі України у 2020 році склала 4,24 млн т н.е., що становить 4,9% від загального постачання первинної енергії [19]. За період 2010-2020 роки частка біопалива в енергетичному балансі України збільшилася майже у 4,5 рази (у 2010 р. – 1,1 %). Досліджуючи динаміку показників використання біопалива та відходів у загальному постачанні первинної енергії, можна відзначити позитивні зміни і постійне збільшення обсягів використання біомаси на потреби енергетики (рис. 1.6).

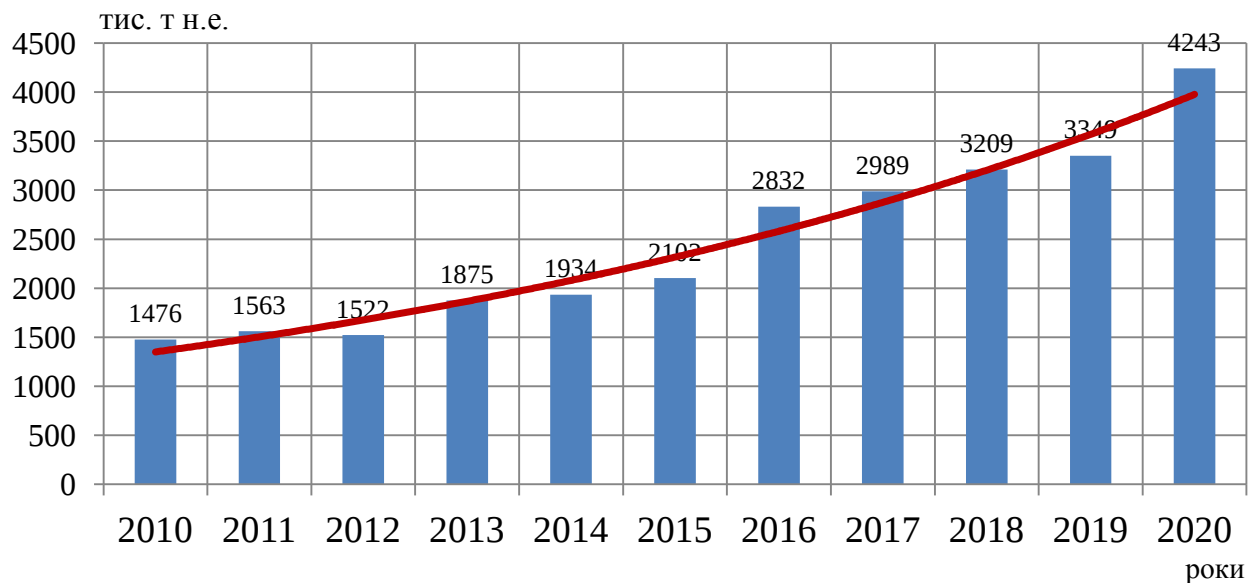


Рис. 1.6 – Динаміка використання біопалива та відходів в загальному постачанні первинної енергії в Україні за 2010-2020 роки

«За прогнозами біоенергетичної асоціації України UABIO загальне споживання біопалив у 2050 році може становити 23 млн т н.е./рік. Близько 50% цих біопалив використовуватимуться для виробництва теплової енергії і напряду замінюватимуть природний газ (еквівалентно заміщенню 13,7 млрд м³/рік природного газу). Інша частина замінюватиме вугілля і атомну генерацію для виробництва електроенергії, а також нафтопродукти на транспорті. Використання деревної біомаси залишатиметься на такому ж рівні, проте зростатиме частка використання соломи, стебел, сільськогосподарських залишків, енергокультур, рідких біопалив, твердих побутових відходів для виробництва енергії. Такий прогноз ґрунтується на розрахунках, які показують,

що потенціал деревної біомаси та лушпиння соняшника в Україні у 2020 році вже використано на понад 90%» [45].

Таким чином, раціональний підхід до розвитку біоенергетики в Україні може реально забезпечити вироблення електро- та теплоенергії, що використовується у потребах сільського господарства з прийнятним терміном окупності. У міру зростання цін на енергоносії та електроенергію ефективність впровадження біогазових установок та використання котелень на біомасі зростатиме та призведе до подальшого підвищення частки біоенергії в енергетичному балансі країни.

Біоенергетика має великий потенціал для заміщення традиційних джерел енергії та скорочення викидів парникових газів. Однак її розвиток має відбуватися з урахуванням усіх можливих ризиків та проблем, пов'язаних з її використанням, щоб забезпечити найкращий результат для навколишнього середовища та суспільства в цілому.

1.3 Використання твердого біопалива у відновлюваній енергетиці

В даний час проблема використання джерел енергії є однією з найактуальніших. Зі зростанням населення, підвищенням рівня життя та розвитком технологій споживання електроенергії неухильно збільшується. Однак, основним джерелом виробництва енергії залишається використання невідновлюваних джерел енергії, таких як газ, нафта і вугілля.

Розвиток відновлюваних джерел енергії є альтернативою цим джерелам, яка має безліч переваг. Відновлювані джерела енергії – це джерела енергії, які можна відновити природними процесами. До них відносяться сонячна, вітрова, гідроенергія, біомаса та геотермальна енергія.

Однією з головних переваг використання відновлюваних джерел енергії є екологічна безпека. Використання нафти, газу та вугілля призводить до викиду великої кількості вуглекислого газу, що є основною причиною глобального потепління. У той же час використання відновлюваних джерел енергії не

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

призводить до викиду шкідливих речовин і не забруднює навколишнє середовище.

Ще однією перевагою використання відновлюваних джерел енергії є економічна вигода. Хоча інвестиції у створення відновлюваних джерел енергії можуть бути досить високими, вони є більш довгостроковими та економічно вигідними, ніж використання нафти, газу та вугілля.

Виробництво відновлюваної енергії, такої як сонячна та вітрова енергія, не вимагає постійної закупівлі палива чи сировини, що може значно знизити витрати на виробництво енергії.

Крім того, розвиток відновлюваних джерел енергії може сприяти створенню нових робочих місць та стимулювати економічне зростання. Інвестиції у створення нових альтернативних джерел енергії можуть призвести до створення нових технологій та інновацій, що сприятиме розвитку економіки загалом.

Використання відновлюваних джерел енергії є важливим напрямом розвитку сучасної енергетики. Це дозволить знизити негативний вплив на довкілля та забезпечити економічну вигоду. Розвиток відновлюваних джерел енергії також може стимулювати економічне зростання та створення нових робочих місць. Тому держави повинні приділяти особливу увагу питанням використання відновлюваних джерел енергії у своїх енергетичних стратегіях та надавати заходи підтримки для розвитку цієї галузі.

Необхідно проводити наукові дослідження та інвестувати у розробку нових технологій, щоб покращити ефективність виробництва відновлюваної енергії та знизити її вартість.

Тверде біопаливо є одним із відновлюваних джерел енергії, які можуть використовуватися для виробництва тепла та електроенергії. Воно виходить із рослинної сировини, такої як деревина, відходи лісозаготівлі, а також із сільськогосподарських відходів, наприклад, соломи, кукурудзяних стебел та інших рослинних решток.

Однією з головних переваг твердого біопалива є його екологічна безпека. На відміну від нафти, газу та вугілля при спалюванні твердого біопалива в

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

атмосферу не викидаються шкідливі речовини, у тому числі парникові гази. Це дозволяє значно знизити негативний вплив на довкілля та здоров'я людей.

Крім того, виробництво твердого біопалива може сприяти розвитку сільського господарства та створення нових робочих місць. Сільськогосподарські відходи, що використовуються для виробництва твердого біопалива, можуть бути отримані з місцевих ферм та підприємств, що сприяє розвитку місцевої економіки.

Ще однією перевагою твердого біопалива є його доступність та універсальність. Тверде біопаливо може використовуватися в різних галузях промисловості та побутових умовах, наприклад, для виробництва електроенергії, тепла в будинках та обігріву виробничих приміщень.

Однак, необхідно враховувати, що виробництво твердого біопалива може мати деякі негативні наслідки, такі як вирубування лісів та зміна земельного використання. Тому необхідно проводити виробництво твердого біопалива з урахуванням екологічних та соціальних аспектів, щоб мінімізувати його негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити сталий розвиток.

В цілому, тверде біопаливо є важливим і перспективним елементом відновлюваної енергетики. Його використання дозволяє скоротити негативний вплив на довкілля, сприяє розвитку місцевої економіки та створення нових робочих місць. Однак при його виробництві необхідно враховувати екологічні та соціальні аспекти, щоб мінімізувати його негативний вплив та забезпечити сталий розвиток.

Виробництво твердого біопалива включає кілька етапів.

Перший етап виробництва полягає у подрібненні сировини. Рослинні відходи піддаються подрібненню та подрібненню у спеціальних млинах або дробарках. Потім отримана маса обробляється у спеціальних установках виділення з неї целюлози і лігніну. Целюлоза використовується для виробництва паперу та картонного пакування, а з лігніну отримують паливо, яке використовується для виробництва електроенергії.

Отриманий паливний продукт має високий вміст теплової енергії і може бути використаний для виробництва пари та електроенергії. Тверде біопаливо

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

може використовуватись у різних галузях промисловості, наприклад, в енергетиці, сільському господарстві, косметичній та фармацевтичній промисловості.

Прикладами матеріалів, які можуть використовуватися для виробництва твердого біопалива, є деревина, відходи лісозаготівлі, солома, кукурудзяні стебла, листя, гілки, кора, сіно, тирса, тріска, кора та інші рослинні залишки.

Залежно від типу використовуваної сировини та методу виробництва, тверде біопаливо може мати різну форму та характеристики. Наприклад, брикети, гранули, таблетки, блоки, а також пелети – це найпоширеніші види твердого біопалива, які можуть бути використані у різних галузях промисловості та побутових умовах.

Переваги твердого біопалива

Використання твердого біопалива, такого як деревні відходи, солома, гранульоване деревне вугілля та інші матеріали, має низку екологічних, економічних та соціальних вигод.

Екологічні вигоди:

- скорочення викидів парникових газів: тверде біопаливо є одним із найбільш ефективних способів зниження викидів парникових газів за рахунок заміни копалин на біомасу.

- зниження забруднення повітря: згоряння твердого біопалива відбувається на порядок чистіше, ніж згоряння нафти або вугілля, що дозволяє знизити забруднення повітря у містах та населених пунктах.

- зменшення кількості відходів: використання твердого біопалива дозволяє переробляти відходи на цінне паливо, що скорочує кількість відходів на звалищах.

Економічні вигоди:

- зниження витрат на енергію: тверде біопаливо може бути дешевшим, ніж традиційні копалини палива, що дозволяє скоротити витрати на енергію.

- створення нових робочих місць: перехід до використання біомаси як палива може призвести до створення нових робочих місць у сферах лісової промисловості, сільського господарства та виробництва біопалива.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- розвиток регіональних економік: використання твердого біопалива може стимулювати розвиток місцевої економіки за рахунок створення нових підприємств із виробництва та переробки біопалива.

Соціальні вигоди:

- поліпшення якості життя: використання біомаси як палива може покращити якість життя населення за рахунок зменшення забруднення довкілля.

- збільшення доступності енергії: використання твердого біопалива є дешевим і доступним способом отримання енергії для населення у сільських районах та віддалених від центру міста населених пунктах.

- сприяння розвитку здорового способу життя: перехід до використання біомаси дозволяє скоротити кількість токсичних речовин в атмосфері, що може позитивно вплинути на здоров'я людей.

Таким чином, використання твердого біопалива має безліч екологічних, економічних та соціальних вигод, і може бути ефективним способом вирішення проблеми зміни клімату, скорочення забруднення навколишнього середовища та покращення якості життя.

Недоліки твердого біопалива

При використанні твердого біопалива можуть виникати певні проблеми

Перша проблема - це складність транспортування та зберігання. Тверде біопаливо має великий об'єм та маленьку щільність, що робить його транспортування та зберігання неефективними. Для перевезення великих обсягів потрібна велика кількість вантажівок, що підвищує витрати на транспортування. Друга проблема – висока вартість виробництва. Процес виробництва твердого біопалива потребує великої кількості енергії та обладнання, що може збільшити вартість виробництва. Крім того, ціна на тверде біопаливо може бути вищою, ніж у інших видів палива, через обмежений доступ до джерел сировини та низької продуктивності.

Третя проблема – екологічний аспект. При спалюванні твердих біопаливних матеріалів може виділятися значна кількість шкідливих речовин, які можуть негативно вплинути на довкілля. Крім того, видобуток та переробка біопалива може призвести до спустошення лісів та інших екосистем.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Для вирішення цих проблем необхідне впровадження нових технологій, таких як ефективніші процеси виробництва та транспортування, а також використання більш екологічно чистих матеріалів для виробництва твердого біопалива. Крім того, зусилля мають бути спрямовані на підвищення обізнаності громадськості щодо проблем, пов'язаних з використанням твердого біопалива, та просування більш екологічно чистих альтернативних джерел енергії.

Таким чином, тверде біопаливо, також відоме як гранули або пелети, стає все більш популярним і економічно вигідним джерелом енергії. Воно виробляється шляхом переробки деревних відходів, таких як тріски, тирса та інші лісові або сільськогосподарські відходи відходи.

Станом на 2023 рік орієнтовна кількість виробників пелет і брикетів з відходів рослинної біомаси становить 484 одиниці. Найбільше всього виробників гранул і брикетів з біомаси в Київській, Запорізькій, Кіровоградській і Дніпропетровській областях (рис. 1.7).

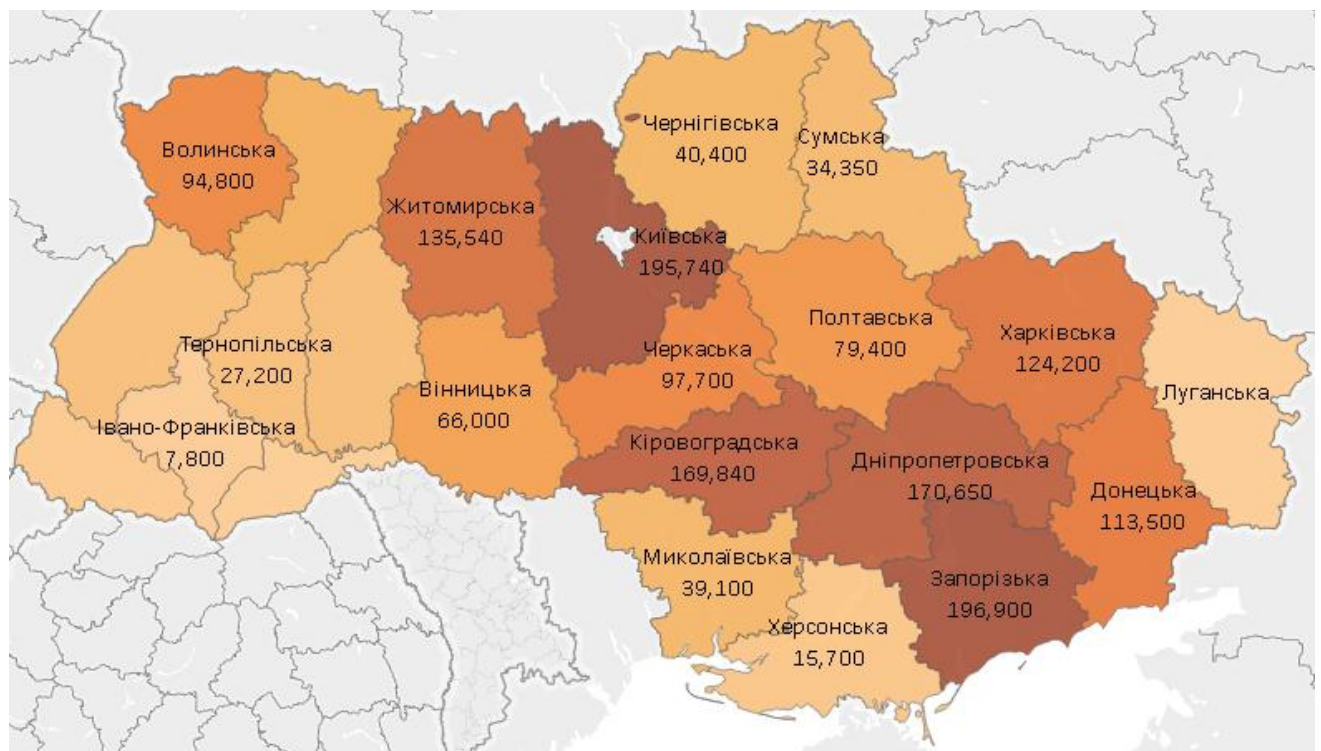


Рис. 1.7 – Виробництво гранул і брикетів в Україні за областями, т/рік

Орієнтовний обсяг виробництва гранул і брикетів становить 1726,08 т/рік. При цьому виробництво пелет є більш розповсюдженим і затребуваним, тому

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

становить 83,44 % (1440,24 т/рік) від загального обсягу виробництва твердого біопалива. Найбільша частка припадає на гранули з лушпиння соняшника 39,4 % (680,8 т/рік). від загального обсягу виробництва. Частка гранул з деревини – 37,6 % (648,58 т/рік).

Перспективи розвитку твердого біопалива у майбутньому пов'язані з низкою чинників. По-перше, воно є екологічно чистим видом палива, що не засмічує атмосферу шкідливими викидами. По-друге, оскільки тверде біопаливо є відновлюваним джерелом енергії, його використання сприяє скороченню залежності від нафти та газу.

Крім того, тверде біопаливо має високу енергоефективність і може бути використане в різних галузях промисловості, включаючи виробництво електроенергії, опалення будівель та процеси промислового сушіння.

Існуючий потенціал виробництва твердого біопалива дозволяє його широке використання у майбутньому. Однак, щоб розвинути цю галузь, потрібні інвестиції в дослідження, технології та виробництво, а також регулювання з боку держави.

1.4 Технології для промислового сплювання та перетворення в енергію біомаси

Технології використання твердого біопалива

Існує кілька технологій, які використовуються для генерації енергії із твердого біопалива. Розглянемо деякі з них:

1. *Котли на твердому біопаливі*: це одна з найпоширеніших технологій, що використовуються для виробництва тепла. Котли на твердому біопаливі працюють шляхом згоряння палива в камері згоряння, яка потім передає тепло воді, що циркулює через систему опалення. Ця технологія добре підходить для домашнього та комерційного використання. Як біопаливо використовують пелети (гранули), брикети тощо.

Для виробництва пелет можуть використовуватися відходи деревини, солома злакових та круп'яних культур, лушпиння соняшника тощо.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Виробництво пелет включає 5 основних стадій: складування і підготовка сировини, його сушіння до вологості 18-19%, пресування, охолодження, упаковка і складування. Енерговміст деревних пелет становить 17-18 МДж/кг (3 м³ деревних пелет відповідає за енергетичними показниками 1 м³ нафти), щільність – 650-700 кг/м³, діаметр – 6-16 мм, довжина – 20-30 мм; вміст золи – 0,4-1,0%, вологість – 7-12%. У свою чергу, пелети можуть застосовуватися для отримання біосингазу та біоводню, виробництва метанолу, газифікації.

2. *Теплогенератори*: це пристрої, які використовуються для виробництва електроенергії шляхом спалювання твердого біопалива. Вони зазвичай складаються з двигуна, генератора та котла, який використовується для нагрівання пари. Пара потім переміщається через турбіну, яка надає руху генератор для виробництва електроенергії. Також можливе використання теплогенераторів на твердому біопаливі для тепла.

3. *Піролізні установки*: піроліз використовується для перетворення твердого біопалива на газоподібне паливо. Процес піролізу відбувається за високих температур без доступу до повітря, що створює газові продукти, які можна використовувати як паливо.

Піроліз – термохімічна конверсія сировини без доступу повітря при температурі 450-550°C, яка дозволяє з 1 м³ абсолютно сухої деревини отримувати 140-180 кг деревного вугілля, що не містить шкідливих домішок і використовується для отримання кращих сортів сталі, 280-400 кг рідких продуктів (метанолу, оцтової кислоти, ацетону, фенолів) та 80 кг горючих газів (метану, моноокису вуглецю, водню).

Ці установки є ефективними за енергоефективністю та можуть використовуватися для виробництва як тепла, так і електроенергії.

4. *Газифікаційні установки*: ця технологія використовується для перетворення твердого біопалива на газ, який може бути використаний як паливо для генерації тепла або електроенергії. Газифікація – спалювання біомаси при температурі 900-1500 °C у присутності повітря або кисню та води з отриманням синтезгазу (біосингазу), що складається з суміші моноокису вуглецю, водню, і склоподібної маси (7-10% від маси вихідного матеріалу), що застосовується як

					183.6281м.03.КР	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дорожнього покриття. Газифікація є більш прогресивним та економічним способом використання біомаси з метою одержання теплової енергії, ніж піроліз. Ці установки зазвичай вимагають великої кількості інженерної роботи та можуть бути дорогими для встановлення та експлуатації.

Кожна з перерахованих технологій має свої переваги та недоліки, і відповідний варіант залежить від конкретних потреб та умов використання.

Перспективними напрямками використання біомаси є також наступні технології.

Виробництво етанолу. Етанол (C_2H_5OH) – продукт спиртового бродіння різноманітних сахаро- і крохмалосотримаючих субстратів. Однак найбільш поширеними видами сировини для виробництва етанолу є відходи цукрового виробництва: багаса (цукрова тростина) або меляса (цукровий буряк), а також крохмаль кукурудзи, сорго, картоплі, пшениці, рису.

Широкий інтерес у світі до рідкого біопалива (особливо до етанолу) для використання на транспорті значно збільшився з 1970 до 1990 року. В даний час інтерес до рідкого палива має тенденцію до продовження зростання через високі ціни на нафту, а також екологічні аспекти.

Сучасне світове виробництво етанолу: 4 млн m^3 – харчовий етанол, 8 млн m^3 – етанол для хімічної промисловості, 20 млн m^3 – паливний етанол. У двигунах внутрішнього згоряння використовується 26% етанолу у суміші з бензином, у дизельних – 3%.

Виробництво біоводню. Біоводень з біомаси можна отримувати шляхом бутилового або ацетонобутилового бродіння сахарози або крохмалю. При цьому з 1 т меляси утворюється 80 m^3 водню. Це означає, що з 1 га плантацій цукрових буряків можна одержати до 140 m^3 водню. Додатково до водню з 1 т меляси можна отримати до 114 кг бутанолу та до 36 кг ацетону.

Біоводород є чудовим чистим паливом. Його енергоемність на одиницю ваги в 3 рази вища, ніж у нафти. У процесі згоряння біоводень на відміну від усіх вуглецевих видів палива, не виділяє вуглекислого газу в атмосферу.

Виробництво біодизельного палива. Біодизельне паливо – результат переробки олії. За прогнозом, до 2023 р. світове виробництво біодизельного

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

палива може становити 23 млн т. У Європі дизельне паливо одержують із ріпакової олії (1-1,5 т/га). Рослинна олія еритрифікується метанолом (1 т масла, 100 кг метанолу, 100 кг гліцерину) і додається в кількості 5% до традиційного дизельного палива. Однак сучасні дизельні двигуни можуть працювати на 100% біодизельному паливі.

Україна має всі можливості для вироблення рослинних олій з метою виробництва біодизельного палива. Для отримання рослинних олій використовується соняшник, льон, гірчиця, у менших кількостях – кукурудза, соя та ріпак. Серед них чільне місце посідає соняшник.

Виробництво біогазу. Біогаз (55-75% метану, 25-45% CO₂) одержують метановим бродінням біомаси (80-90% вологості). Теплотворна здатність біогазу становить від 5 до 7 Мкал/м³ і визначається концентрацією метану у його складі. Кількість метану, у свою чергу, залежить від біофізікохімічних особливостей сировини і в деяких випадках від технології, що застосовується. Вихід біогазу на 1 т абсолютно сухої речовини становить 250-350 м³ для відходів великої рогатої худоби, 400 м³ для відходів птахівництва, 300-600 м³ для різних видів рослин, до 600 м³ – для відходів спиртових та ацетонобутилових заводів.

Наприклад, переробка 1 т відходів великої рогатої худоби (85% вологості) дозволяє отримати до 40 м³ біогазу, що містить 55-60% метану (22-24 МДж/нм³) та 40-45% CO₂, а також органічні добрива.

Найбільше селянських біогазових установок знаходиться в Китаї - понад 10 млн. Вони виробляють близько 7 млрд. м³ біогазу на рік, що забезпечує паливом приблизно 60 млн. селян. Серед промислово розвинених країн чільне місце у виробництві та використанні біогазу належить Данії – біогаз займає до 18% у її загальному енергобалансі.

До виробництва біогазу відноситься також одержання газу зі сміття зі звалищ. В даний час у багатьох країнах створюються спеціальні облаштовані сховища для твердих побутових відходів з метою вилучення з них біогазу для виробництва електричної та теплової енергії.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 2

ПЕРЕВАГИ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ВИМОГИ ДО КОТЕЛЕНЬ

2.1 Переваги та недоліки централізованої та автономної системи теплопостачання

Під теплопостачанням розуміється діяльність з виробництва, передачі, розподілу та продажу теплової енергії або потужності та теплоносія споживачам.

Теплопостачання може здійснюватися системами централізованого та децентралізованого теплопостачання.

Централізоване теплопостачання дає можливість постачати багатьом споживачам величезне джерело тепла через довгі теплові мережі, які можуть доставлятися до районних котлів і ТЕЦ.

Система теплопостачання, що включає джерела, теплові мережі з усіма встановленим на них обладнанням, і теплоспоживаючі установки складається з безлічі елементів, жоден з яких не може бути абсолютно надійним. Устрій системи повинен бути таким, щоб у разі пошкодження її елементів вона зберігала працездатність і забезпечувала безперебійне теплопостачання споживачів. При цьому також має бути забезпечено можливість проведення ремонту пошкодженого елемента.

Величезні проблеми житлово-комунального сектора переважно пов'язані з високим рівнем зносу теплових мереж. Старі трубопроводи теплових мереж у багатьох місцях течуть, руйнуються, з ними трапляються інші аварії. З періоду масового будівництва трубопровідних мереж минуло кілька десятиліть. Спорудження теплових мереж бурхливо відбувалося в період ударного масового житлового будівництва, яке стартувало у шістдесятих роках двадцятого століття, саме тоді створено основні тепломережі, протягом багатьох років тепломережі не піддавалися загальній реконструкції. Безперервно лагодяться, ремонтують короткі ділянки, але абсолютної заміни піддаються тільки незначні ділянки трубопроводів.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

У всьому комунальному секторі зношування мереж оцінюється в 60%, а приблизно чверть основних фондів підприємств ЖКГ повністю виробили свій ресурс експлуатації. Ще однією важливою причиною незадовільного стану теплопостачальних систем є система роздачі теплоти з експлуатацією центральних теплових пунктів, яка вважається технологічно застарілою.

Централізована опалювальна система має як переваги, так недоліки. Серед переваг виділяють:

- надійність і якість обслуговування за рахунок постійного контролю роботи системи технічними службами;
- порівняно недороге паливо;
- простота у використанні.
- можливість використання різних видів палива, включаючи біопаливо, теплові сміттєспалювальні установки тощо;

Щодо недоліків, то вони такі:

- перепади тиску в опалювальній системі;
- залежність графіка роботи від сезонів року;
- дороге обладнання та довгі теплові мережі;
- відсутність можливості самостійно регулювати температуру на опалювальних приладах;
- колосальні втрати тепла в ході його транспортування трубами та вузлами;
- при підземному прокладанні мережі, потрібен регулярний ремонт проривів, разом усе це ускладнює транспортну ситуацію;
- при надземній прокладці, це повністю порушує благоустрій міста;
- на початку опалювального сезону буває порушення стабільності експлуатації теплових мереж.

На сьогоднішній день, поряд із системами централізованого теплопостачання, децентралізовані системи набули досить широкого поширення. Під децентралізованими автономними системами розуміються невеликі системи із встановленою тепловою потужністю, яка не перевищує 23 МВт.

Децентралізоване теплопостачання споживачів здійснюється із джерел тепла, які не мають загальної теплової мережі. У децентралізованих системах

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

джерело тепла і теплоприймачі споживачі об'єднані в одне ціле або розташовані так близько один до одного, що їм не потрібні спеціальні пристрої для транспортування тепла або теплової мережі.

Системи децентралізованого теплопостачання поділяються на індивідуальні та локальні. В індивідуальних системах теплопостачання кожного приміщення здійснюється окремим власним джерелом (пічним опаленням або житловим опаленням).

У локальних системах опалення всіх приміщень будівлі забезпечується окремим загальним джерелом (побутовою котельнею).

Останнім часом розвиток нових економічних відносин породжує тенденцію до децентралізації теплопостачання промислових підприємств та житлового сектора.

При децентралізації можна досягти як скорочення інвестицій з допомогою відсутності теплових мереж, і передача витрат за вартість житла чи споживачів. Цей фактор останнім часом викликав підвищений інтерес до децентралізованих систем теплопостачання до об'єктів новобудови житла.

Доцільність застосування децентралізованих систем у порівнянні з централізованими системами слід оцінювати за низкою показників:

- комерційна (фінансова) ефективність, яка враховує фінансові наслідки після реалізації проекту для його незалежних учасників;
- економічна ефективність, яка враховує витрати та результати, пов'язані з проектом, що виходять за межі прямих фінансових інтересів його учасників та можуть забезпечити вимірювання витрат;
- вартість органічного палива-оцінка цього природного показника повинна враховувати як прогнозовані зміни витрат на паливо, так і стратегію розвитку паливно-енергетичного комплексу регіону (країн);
- вплив викидів в атмосферу на довкілля;
- енергетична безпека (для населеного пункту, міста, регіону).

При виборі джерела автономного теплопостачання необхідно враховувати ряд факторів. На передньому плані – область теплопостачання, в яку подається тепло (це може бути окрема будівля або група будівель).

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Можливі зони теплопостачання можна розділити на чотири групи:

- зони централізованого теплопостачання від міських (районних) котелень;
- зони централізованого постачання від міських ТЕЦ;
- зони автономного теплопостачання;
- зони змішаного теплопостачання.

Децентралізоване теплопостачання засноване на принципі підготовки теплової енергії у місці її споживання. Децентралізовані джерела теплової енергії для об'єктів різного призначення залежно від теплової потужності та місця розташування поділяються на:

-теплогенераторні, джерела тепла – вбудовані, прибудовані, надбудовані приміщення або окремі будівлі, в яких встановлюється основне обладнання для вироблення тепла та допоміжне обладнання для його транспортування до опалювальних приладів, приладів нагріву гарячої води та повітря тощо; сумарна теплова потужність обладнання для вироблення тепла для теплогенераторних не повинна перевищувати сумарну теплову потужність – 360 кВт;

- автономні джерела теплопостачання, приміщення чи група приміщень, вбудованих, прибудованих чи надбудованих над об'єктом, для теплопостачання якого вони призначені; у приміщеннях встановлюється водогрійне обладнання, призначене для вироблення тепла та допоміжне обладнання для його транспортування в систему опалення, підігріву гарячої води, підігріву теплоносія для припливних установок вентиляції, для теплопостачання інших споживачів тепла, встановлених у будівлі, для опалення якої вони призначені; теплова потужність автономних джерел теплопостачання понад 360 кВт, але менше 5 МВт для житлових будівель та 15 МВт для будівель виробничого призначення, при цьому нормами чітко встановлено, якої потужності автономне джерело теплопостачання, де можна розташувати, так, наприклад, розташовувати автономні котельні вбудованими в багатоповерхові багатоквартирні житлові будинки категорично заборонено;

- котельні, що окремо стоять джерела теплової енергії, призначені для опалення однієї або декількох будівель, що знаходяться в безпосередній

					183.6281м.03.КР	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

близькості від котельні, в даному випадку котельня є і джерелом тепла, і індивідуальним тепловим пунктом, а теплові мережі мінімальної протяжності або майже відсутні; котельні не обмежені тепловою потужністю.

Основна перевага використання автономних джерел теплопостачання – мінімальні відстані теплових мереж або їх повна відсутність, і, як наслідок, мінімальні втрати тепла в системі теплопостачання.

Крім зазначеного, переваг автономного теплопостачання досить багато, головні з них:

- можливість більш гнучкого регулювання температури будівлі в залежності від температури навколишнього повітря;
- можливість заповнення системи опалення будівлі незамерзаючою рідиною;
- відсутність у системах опалення додаткових забруднень з теплової мережі (сміття, залишки корозійних процесів трубопроводів);
- можливість використання полімерних труб для систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Автономні системи теплопостачання набувають все більшої популярності в силу очікуваного підвищення цін на магістральний газ. Особливо, як показує розрахунок теплопостачання, системи централізованого теплопостачання дуже часто виявляються економічно неефективними.

2.2 Вимоги до котелень автономної системи теплопостачання з твердопаливними котлами

Котельні установки на твердому паливі використовуються як постійне або резервне джерело опалення та гарячого водопостачання для приватного житла, невеликих господарських промислових будівель та об'єктів соціальної інфраструктури (школи, дитячі садки, заклади охорони здоров'я).

Переваги та недоліки котельні на твердому паливі наступні.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Переваги:

- головна перевага – автономний тип систем. На основі твердопаливної котельні роблять незалежне від громадських, комунальних систем індивідуальне гаряче водопостачання та обігрів будівель;
- організація опалення із природним типом циркуляції теплоносія не потребує додаткового підключення електричних приладів;
- автономність – ідеальне вирішення завдання забезпечення віддалених від централей споруд;
- для районів з нестабільною подачею електрики, дизельного палива чи газу твердопаливні установки є допоміжним, а іноді і основним джерелом теплозабезпечення;
- за сучасної нестабільності вирішальним чинником використання твердопаливного обігріву є економічний фактор;
- економічно обґрунтоване рішення обігріву твердопаливною установкою на підприємствах деревообробної галузі. Брикети з пресованої стружки та пиломатеріалу обходяться в копійки, зменшують витрати на вивезення сміття та його рекуперацію.

Недоліки твердопаливних установок:

- найголовніший недолік твердопаливної системи – неможливість повної автоматизації процесу.;
- потреба в додатковому приміщенні (складі) для зберігання твердого палива.

До приміщень котелень з твердопаливними котлами, що працюють на дровах, вугіллі, пелетах, висуваються певні вимоги. Норми склалися на основі досвіду пожежогасіння та усунення проблем з водопостачанням:

- монтаж твердопаливних котлів проводити в окремому технічному приміщенні;
- котельню необхідно робити з окремим виходом;
- потужність котла приймається рівною показнику $0.15+0.2 \text{ м}^3$ на кожні 1000 Вт. Максимальне значення не повинно перевищувати 7 м^3 ;

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- необхідно передбачити природне освітлення. Вікна підбираються із умов 0,03 м² на 1 м³ топкової. За неможливості встановити вікно проводять електричне освітлення;

- прибудову для котельні розміщують на одній із глухих стін будівлі, що не має суміжного стикання зі стіною житлового приміщення. Витримують горизонтальну та вертикальну відстань від отворів вікон або дверей не менше 100 см;

- відгородити приміщення котельні від інших приміщень перекриттями з негорючого матеріалу. Межа вогнестійкості приймається не менше 0,75 год. Оптимальний матеріал для стін котельні – це вогнетривка цегла, облицювання керамічною плиткою. Економічний варіант – накладання на стіну 2 шари штукатурки з мінерального складу;

- двері без засуву, не зачиняються на час опалення на замок. Ширину отвору витримати не менше 0.8 м. Двері автоматично доводити пружиною;

- висота приміщення топкової не менше 2500 см;

- неприпустимо влаштовувати над котельнею горищні приміщення;

- витримувати мінімальну відстань від стіни до передньої частини твердопаливного котла не менше 2000 см;

- довкола котла залишається вільне місце по всьому його периметру. Повинен забезпечуватися вільний підступ для проведення чищення та закладення палива;

- монтаж агрегатів промислового призначення виконується відповідно до вказівок у техпаспорті;

- відходи опалення: гаряча зола, шлак – вигрібається у спеціальну металеву ємність, заливається водою та виноситься у місце для відходів;

- при горінні котел використовує повітря із приміщення. Стежити за його складом, не допускати витоку горючих, легкозаймистих речовин.

Вимоги до вентиляції приміщення котельні. У процесі згоряння палива у котлах виділяються шкідливі гази та продукти згоряння, які необхідно ефективно видалити з приміщення. З цим завданням здатна впевнено впоратися припливно-витяжна вентиляція.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Принцип роботи такої системи полягає в періодичному подачі свіжого повітря в приміщення котельні та одночасному видаленні відпрацьованого повітря. Головними її елементами є припливний та витяжний вентилятори, система каналів, а також фільтри. При роботі припливного вентилятора чисте повітря подається в котельню, після чого відпрацьоване повітря виводиться через вентилятор витяжний.

Однією з головних переваг припливно-витяжної вентиляції в котельні є підтримка свіжого повітря в приміщенні. Завдяки системі постійної подачі свіжого повітря покращується працездатність котельного обладнання та підвищується якість згоряння палива.

Крім того, така система дозволяє мінімізувати негативний вплив шкідливих газів та продуктів згоряння на здоров'я людей, які працюють у котельні. Усі відпрацьовані гази та шкідливі речовини ефективно видаляються з приміщення, що знижує ризик виникнення отруєнь та неприємних запахів.

Припливно-витяжна вентиляція в котельні є невід'ємною частиною безпеки та ефективної роботи опалювальної системи. Завдяки постійному оновленню повітря у приміщенні покращується якість його роботи, продовжується термін служби обладнання та створюються комфортні умови для роботи персоналу.

Припливно-витяжна вентиляція в котельні виконує наступні функції:

забезпечення оптимального рівня повітрообміну в котельні, що сприяє створенню комфортних умов для роботи персоналу та підтримує нормальний фізіологічний мікроклімат.

- запобігання виникненню вибухів та пожеж за рахунок ефективної системи видалення газів згоряння та повітря з підвищеним вмістом кисню;
- зниження ризику отруєння оксидами вуглецю та іншими шкідливими речовинами, які можуть утворюватися в процесі згоряння палива;
- покращення енергоефективності системи опалення котельні за рахунок усунення втрат тепла через неізольовані вікна та двері;
- створення умов для більш рівномірного та ефективного згоряння палива, що дозволяє знизити його витрати та підвищити продуктивність обладнання;

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- припливно витяжна вентиляція в котельні є важливим компонентом системи опалення та забезпечує безпеку, комфорт та енергоефективність у роботі.

Припливно-витяжна вентиляція в котельні складається з кількох основних компонентів.

1. Припливний вентилятор – призначений для подачі свіжого повітря до приміщення. Він встановлюється на повітрозабірній трубі та створює підведення повітря ззовні.

2. Витяжний вентилятор – забезпечує відведення відпрацьованого повітря та дозволяє підтримувати оптимальний рівень повітрообміну в котельні. Він встановлюється на повітровикидній трубі.

3. Фільтри – необхідні для очищення повітря, що надходить від пилу, забруднень та інших частинок. Вони встановлюються на шляху повітряного потоку та регулярно підлягають заміні чи очищенню.

4. Контролер – здійснює управління роботою вентиляційної системи, регулюючи швидкість роботи вентиляторів та дотримуючись заданих параметрів повітрообміну.

5. Канали та повітроводи – транспортують повітря із зовнішнього середовища в котельню та назад. Канали повинні бути герметичними, щоб унеможливити протікання повітря.

Переваги припливно-витяжної вентиляції в котельні:

- оптимальний повітрообмін та подача свіжого повітря;
- відведення відпрацьованого повітря та продуктів згоряння;
- поліпшення ефективності роботи котла;
- запобігання накопиченню шкідливих речовин та надлишку вологості;
- створення комфортних умов роботи у котельні (табл. 2.1).

Усі компоненти вентиляційної системи повинні бути правильно спроектовані та встановлені для забезпечення ефективної роботи системи та безпеки у котельні.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

**Таблиця 2.1 – Переваги припливно-витяжної вентиляції в котельні з
твердопаливними котлами**

Перевага	Пояснення
Ефективність і надійність	Припливно-витяжна вентиляція забезпечує постійний та регульований потік свіжого повітря, що покращує якість повітря в котельні. Крім того, вона здійснює ефективне відведення відпрацьованого повітря, запобігаючи його застою та усуваючи неприємні запахи. Завдяки цим перевагам вентиляція забезпечує надійність роботи котельного обладнання та продовжує його термін служби.
Сниження енергоспоживання та підвищення енергоефективності системи тепlopостачання	Припливна вентиляція дозволяє оптимізувати енергоспоживання в котельні, оскільки регулює подачу свіжого повітря відповідно до фактичних потреб. Це дозволяє знизити витрати на опалення та вентиляцію та підвищити енергоефективність системи в цілому.
Безпека	Припливно-витяжна вентиляція в котельні забезпечує надійне відведення відпрацьованого повітря та продуктів горіння, що знижує ризик виникнення небезпечних ситуацій, таких як отруєння чадним газом або пожежа. Це робить використання вентиляції в котельні обов'язковим та підвищує безпеку персоналу та обладнання.
Комфортні умови роботи в котельні	Припливно-витяжна вентиляція покращує умови роботи та перебування у котельні, створюючи комфортний мікроклімат з необхідним рівнем свіжого повітря. Це сприяє покращенню самопочуття персоналу та зниженню ризику виникнення захворювань, пов'язаних з негативними впливами поганої якості повітря.

Припливно-витяжна вентиляція в котельні працює за таким принципом.

Система вентиляції включає вентилятори, клапани і фільтри. Припливний вентилятор притягує свіже повітря ззовні та впускає його в котельню через повітрозабірник. Одночасно витяжний вентилятор витягує відпрацьоване повітря та продукти згоряння з котельні через витяжну трубу.

Повітря, потрапляючи в котельню, поєднується з продуктами згоряння, що дозволяє збільшити ефективність роботи котла. Після змішування повітря з продуктами згоряння повітря проходить через фільтри, де очищається від пилу

та забруднень. Очищене повітря потім розподіляється по приміщенню за допомогою повітроводів та вентиляційних решіток.

Така система вентиляції забезпечує оптимальний рівень повітрообміну в котельні, здійснює подачу свіжого повітря, та відводить відпрацьоване повітря та продукти згоряння. Це дозволяє підтримувати комфортні умови роботи в котельні та запобігає накопиченню шкідливих речовин та надлишку вологи у приміщенні.

2.3 Водопідготовка для ефективної роботи системи теплопостачання

Основним завданням підготовки води в котельнях є боротьба з корозією та накипом. Корозія поверхонь нагріву котлів, підігрівачів та трубопроводів теплових мереж викликається киснем та вуглекислотою, які проникають у систему разом з живильною та підживлювальною водою. При нагріванні та випаровуванні води з неї випадають різні розчинені солі, частина з яких осідає на поверхнях нагріву у вигляді щільного шару з низькою теплопровідністю, званого накипом.

Як джерело водопостачання для автономних котелень слід використовувати господарсько-питний водопровід. Вихідна вода, що надходить з трубопроводу, містить різні домішки.

Домішки, що містяться в природній воді, за ступенем крупності частинок поділяються на 3 групи:

- механічні – зважені речовини у вигляді частинок піску, глини та ін. від 0,2 мк і вище, здатні з часом відстоюватися;
- істинно-розчинені – домішки, що складаються з електролітів та неелектролітів;
- колоїдно-розчинені – сполуки заліза, алюмінію, кремнію та ін. від 0,001 до 0,2 мк, що не відстоюються навіть протягом тривалого часу.

Основні показники якості води:

1. Прозорість – вміст 1 кг води зважених частинок, мг;
2. Сухий залишок – осад мінеральних та органічних домішок, мг;

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

3. Мінеральний залишок – загальна кількість мінеральних речовин, розчинених на 1 кг води, мг/кг;

4. Окислюваність – непрямий показник забруднення води органічними домішками, характеризується витратою кисню з їхньої окислення, мг/кг;

5. Жорсткість – вміст в 1 кг води розчинених солей кальцію та магнію, мг-екв/кг;

6. Лузність – вміст 1 кг води розчинених гідратів, карбонатів та бікарбонатів, мг-екв/кг;

7. Ступінь кислотності чи лужності – характеризується складом розчинених солей і газів та визначається концентрацією водневих чи гідроксильних іонів, що утворюються при дисоціації води, виражається величиною pH;

8. Вміст розчинених агресивно-корозійних газів (кисень, вуглекислота, сірководень, аміак), мг/кг.

Обробка води в загальному випадку передбачає: видалення зважених домішок, зниження жорсткості (тобто пом'якшення), підтримання певної величини лужності, зниження загального вмісту солевмісту, видалення розчинених агресивних газів (O_2 і CO_2).

Водно-хімічний режим роботи автономної котельні повинен забезпечити стабільну та безаварійну роботу котлів, тепловикористовуючого обладнання та трубопроводів без корозійних пошкоджень та відкладень накипу та шламу на внутрішніх поверхнях. Для виконання цих умов показники якості води підживлення теплових мереж відкритих систем тепlopостачання не повинні перевищувати нормованих значень відповідно до ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».

Виходячи з результатів хімічного аналізу води, основні проблемні аспекти такі:

- необхідне зниження вихідної карбонатної жорсткості;
- необхідно зниження вмісту розчиненого кисню.

Заповнення та підживлення водяних теплових мереж як правило передбачено з господарсько-питного трубопроводу. Підживлення зовнішнього контуру системи тепlopостачання може передбачатися водою із зворотного трубопроводу. Тому встановлюють баки-акумулятори гарячого водопостачання,

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

куди вода надходить через систему водопідготовки у вигляді станції дозування реагенту, що приводить якість сирової води до нормативних вимог.

Станції дозування виконують такі функції: очищають воду від домішок хімічного та органічного характеру, виконують антикорозійну функцію, беруть участь у регулюванні жорсткості та кислотності води. Перевагами станцій дозування є: точність роботи, простота управління за рахунок автоматизації управління, економічність, здатність працювати з великими обсягами рідини.

У системах водопідготовки котлової та підживлювальної води дозволяється застосування інгібіторів накипівтворення та корозії, що відповідають умовам експлуатації обладнання. При неможливості початкового та аварійного заповнення систем опалення та контурів циркуляції котлів хімічно обробленою водою або конденсатом для захисту систем тепlopостачання та обладнання від корозії та відкладень накипу рекомендується дозувати до циркуляційного контуру інгібітори корозії (комплексонати).

Комплексонати – реагенти, що запобігають корозії та накипівтворенню. Вони є комплексними сполуками цинку з фосфорорганічними кислотами.

Витрата комплексонату залежить від:

- рекомендованої дози комплексонату;
- витрати води на підживлення системи тепlopостачання.

Додавання в підживлювальну воду комплексонату дозволяє знизити корозійну активність води та запобігти утворенню залізо-оксидних відкладень та накипу на поверхнях нагріву та в системах. Комплексонат є ефективним інгібітором корозії у системах тепlopостачання, їх застосування знижує корозійну активність води в середньому у 8-9 разів. В аерованій воді (воді з вмістом кисню, що перевищує допустимі для нормальної експлуатації систем тепlopостачання значення), комплексонат є інгібіторами змішаної дії. Механізм захисної дії цих інгібіторів пояснюється їх адсорбцією на поверхнях металу та утворенням захисного шару важкорозчинних змішаних комплексних сполук цинку та заліза, зв'язуванням кисню цинком комплексонату, присутнім у розчині. Корозійні процеси викликають значне підвищення вмісту заліза загального в котловій воді, мережевій воді систем тепlopостачання, що

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

призводить до залізо-оксидного накипу/утворення на поверхнях нагрівання котлів, утворення важкорозчинних залізооксидних відкладень на поверхнях нагрівання теплообмінного обладнання. Застосування ж комплексонатів як інгібіторів корозії в системах паро- теплопостачання та гарячого водопостачання дозволяє придушити утворення залізо-оксидних накипу та відкладень. Комплексонати пов'язують залізо загальне у воді та сприяють відмиванню залізо-оксидних відкладень та накипу.

2.4 Використання альтернативного палива в котельнях

Паливо біологічного походження є альтернативою природному органічному паливу. Безперечними перевагами біологічного палива є те, що маючи подібну з викопним паливом теплоту згоряння, воно може постійно відновлюватись.

Основними вимогами до якості твердого біопалива є досить високі вологостійкість, щільність та міцність. Це дозволяє транспортування їх на великі відстані без зміни теплотворних властивостей.

Виробництво твердого біопалива, як правило, найпростіше, не вимагає великих інвестицій і може бути організоване як у великих, так і малих масштабах.

Для виготовлення твердого біопалива використовується будь-який вид сировини, що відновлюється:

- дерев'яні відходи різного походження;
- відходи сільськогосподарського виробництва (лушпиння, солома);
- побутові відходи, каналізаційні стоки;
- паливна деревина, що спеціально вирощується;
- відходи целюлозно-паперового виробництва;
- торф.

Щоб спалювання відходів відбувалося ефективно, ці відходи повинні мати приблизно однакові розміри та форму, що забезпечують необхідний контакт з киснем повітря, щоб отримати максимальну тепловіддачу. Крім того, ці розміри та форма повинні забезпечувати можливість механізації та автоматизації їх

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

подачі в топку. Для ефективного використання деревних відходів як паливо застосовується їх пресування в пелети та брикети.

Пресоване біопаливо має низку переваг перед звичайним деревним паливом:

- велика теплотворна здатність порівняно з тріскою та з кусковими відходами
- деревини;
- менша вартість обладнання для котелень у порівнянні з традиційними установками зі спалювання деревного палива;
- можливість автоматизованої подачі палива;
- обсяг складу для зберігання біопалива може бути зменшений як мінімум на 50 % за порівняно зі складом для деревної тріски.

В основі технології виробництва пресованої продукції з тирси лежать складні фізико-хімічні процеси, що відбуваються в деревині під впливом фізико-механічних факторів. Зміна деяких хімічних та фізико-механічних властивостей деревини спостерігається в процесі сушіння, обробці її паром, а також при термічній дії. В результаті впливу фізичних факторів змінюється хімічний склад деревної маси, деревина набуває нових властивостей, необхідних для виробництва на її основі різної пресованої продукції.

Так, високі температура та тиск пресування при виробництві пелет активують лігнін, що міститься в клітинах рослинних та деревних відходів, переводячи його у пластичний стан. Таким чином, цей лігнін і виступає як внутрішній зв'язуючий. Утворення термопластичного лігніну призводить до оплавлення поверхні пелети, яка завдяки цьому стає міцнішою, що важливо для їх транспортування.

Пелети на відміну від звичайної деревини мають набагато меншу вологість – 8-12%. Така вологість разом із досить високою щільністю до 1400 кг/м³ дає можливість досягати теплотворної здатності 14-23 МДж/кг. Це більше, ніж у бурого вугілля та торф'яних брикетів.

Брикети відрізняються більшими, ніж пелети, розмірами і за своїм застосуванням ближче до звичайних дров та кам'яного вугілля, тільки на відміну

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

від дров брикети виділяють приблизно в 2 рази більше тепла та ефективні у перевезенні. Існує безліч видів паливних брикетів, що отримуються на різному устаткуванні. Відомі брикети прямокутної форми, восьмигранника з отвором у середині, брикети циліндричної, квадратної та восьмигранної форми. Форма та властивості брикетів різних видів залежать від їх цільового призначення, способу пресування та устаткування, що використовується. Найбільш поширеними є дерев'яні брикети у завдовжки 25 см круглого (діаметр 50-70 мм) або шестигранного перерізу.

На відміну від пелет брикети можна спалювати у звичайних печах та котлах, включаючи вугільні, як з автоматичною, так і з ручною подачею. Якщо для використання пелет потрібно спеціальний пелетний котел, що означає заміну обладнання котельні або будівництво нової, то у випадку з брикетами цього немає, індустриальні брикети повноцінно замінюють кам'яне вугілля в будь-яких масштабах.

Також у брикетів відсутні такі суворі, як у пелет, вимоги до якості. Наявність у сировині кори і, як наслідок, підвищена зольність (у розумних межах) не є великою проблемою. На відміну від виробництва пелет для брикетування порода деревини не має суттєвого значення. У той же час для кращого налаштування процесу бажано одноразово пресувати тирсу однієї породи деревини. Найвища продуктивність досягається при пресуванні тирси з твердих порід деревини.

Твердопаливний котел може завантажуватися всіма доступними видами палива: дрова, торф, вугілля, пелети, брикети. Але пряме спалювання біомаси не завжди є ефективним, у зв'язку з чим широкого поширення набули технології виробництва твердого біопалива. Велика кількість відходів, що утворюються в лісозаготівлях, у процесі переробки деревини мають цінний хімічний склад, і є сировиною для паливних гранул (пелети). Паливні пелети – екологічно чисте паливо із вмістом золи трохи більше 3%. Нижча теплота згоряння на суху беззольну масу деревини та деревних гранул, виготовлених із неї, має близькі значення. Гранули менш схильні до самозаймання, що дозволяє легко транспортувати їх на великі відстані. Паливні гранули можна отримати також із торфу та відходів сільського господарства.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Основна перевага котелень, що працюють на твердому біопаливі: економічність, низький рівень вихлопних газів, гігієнічність, висока тепло калорійність, можливість автоматизації подачі палива до котла.

Перехід на тверде паливо – економічно обгрунтований процес. Опалення пелетами та дровами – це досить ефективний процес, що забезпечується екологічно чистими видами біопалива. Дрова, при спалюванні, виділяють CO₂, який не приносить шкоди навколишньому атмосфері, і за своїм хімічним складом є нейтральним.

Нижча теплота згоряння пелетного палива складає 17-18 МДж/кг, що можна порівняти з нижчою теплою згоряння бурового вугілля 13 МДж/кг, кам'яного вугілля 27 МДж/кг і антрациту 28 МДж/кг (табл. 2.2). Порівняльна характеристика основних видів твердого біопалива виробленого з рослинної біомаси наведена в додатку А.

Таблиця 2.2 – Теплотворна здатність різних видів палива

Вид палива	Одиниця вимірювання	Питома теплота згоряння		Еквівалент		
		кВт	МДж/кг	Природний газ, м³	Дизельне паливо, л	Мазут, л
Нафта	1 л	12,2	44,00	1,313	1,019	1,082
Бензин	1 л	12,2	44,00	1,313	1,019	1,082
Газ природний	1 м³	9,3	33,50	-	0,777	0,825
Вугілля кам'яне (W=10%)	1 кг	7,5	27,00	0,806	0,626	0,665
Вугілля буре (W=30...40%)	1 кг	3,6	12,98	0,388	0,301	0,320
Антрацит	1 кг	7,8	28,05	0,838	0,650	0,691
Торф брикети (W=15%)	1 кг	4,9	17,58	0,525	0,408	0,433
Пелети деревні	1 кг	4,7	17,17	0,513	0,398	0,423
Пелети з соломи	1 кг	4,0	14,51	0,433	0,336	0,357
Пелети з лущиння соняшника	1 кг	5,0	18,09	0,540	0,419	0,445
Висушена деревина (W=20%)	1 кг	3,9	14,24	0,425	0,330	0,351
Тріска	1 кг	3,0	10,93	0,326	0,253	0,269

Пелети, на сьогодні, також є найбільш екологічним та прогресивним альтернативним видом твердого палива, в процесі виробництва паливних пелет не повинно використовувати жодних додаткових хімічних речовин, що зв'язують. Пелети виготовляються виключно методом пресування сировини і тримають форму завдяки лігніну – натуральному полімеру, що має склеювальні властивості (рис 2.1).



Рис. 2.1 – Паливні пелети

Використання пелет як опалювального матеріалу має ряд переваг:

- висока тепловіддача або теплота згоряння – ККД твердопаливних котлів досягає 94%, ефективність пелет обумовлена їхньою низькою вологістю;
- низька зольність – твердопаливний котел, що працює на пелетах, не вимагає спеціального обслуговування;
- відносно низька ціна – опалення пелетами економічніше, ніж газом;
- відсутність спеціальних умов зберігання – пелети безпечні, найчастіше, продаються в поліетиленових мішках, можна зберігати їх практично в будь-яких умовах, вони не вибухонебезпечні, можливість самозаймання виключена;
- пелети – природний та відновлюваний ресурс, оскільки виготовляються з біомаси;
- екологічність – під час згоряння пелет, у повітря потрапляє така ж кількість двоокису вуглецю, яке ввібрало в себе дерево за час свого життєвого циклу, цей процес ще іноді називають "закритим кругообігом вуглецю".

Виходячи з цього пелети можуть конкурувати з цими видами палива (рис. 2.2).

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ПЕЛЕТ ЯК ПАЛИВА ДЛЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ

- Зручність транспортування – пелети фасуються як в біг-беги вагою 1 т для промислових потреб, так і в мішки 25 кг для побутових користувачів.
- Простота експлуатації – для завантаження пелет в бункер не потрібно спеціальних навичок.
- Тривалість горіння від 3 до 7 днів на одному завантаженні палива.
- Теплотворна здатність пелет забезпечує високий ККД твердопаливного котла і низьку витрату палива.
- Економічний ефект – окупність вкладень по установці пелетного котла становить від 2 до 4 років.
- Повна автономність і енергетична незалежність.
- Високий рівень безпеки – сучасні котли на пелетах оснащені системами пожежогасіння.
- Екологічність – низький рівень емісій шкідливих речовин.
- Доступність палива – доставка пелет здійснюється по всій території України.

Рис. 2.2 – Основні переваги використання пелет як палива для твердопаливних котлів

Досить активно використовуються і пелети з лушпиння соняшника.

При виробництві олії методом «гарячого» пресування утворюється 11-16% лушпиння, якого на підприємствах накопичується величезна кількість – від кількох тонн до кількох десятків тонн (залежно від потужності олієекстраційного або олієпресового заводу). Найчастіше лушпиння вивозять на відвали, при цьому проблемами є низька насипна вага лушпиння, здатність її до займання і тління, що створює неприємний запах та сильно погіршує екологічну обстановку. Через низьку насипну вагу підприємства несуть великі витрати на транспортування лушпиння на звалище.

Найбільш ефективним способом виробництва твердого біопалива є гранулювання, оскільки при цьому кінцева вологість готового продукту

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

становить лише 8-12%, а вихідний матеріал ущільнюється в 5-10 разів. Гранульоване біопаливо має також низку інших переваг, серед яких слід відзначити сталість якісних характеристик, зручність зберігання, можливість використання в опалювальних системах з автоматичною подачею палива.

Гранули з лушпиння соняшника мають величезні переваги в порівнянні з традиційними видами палив:

- теплотворність їх становить 17000-19000 кДж/кг, що більше, ніж у деревини, і можна порівняти з деякими видами вугілля;
- при спалюванні 2000 кг паливних гранул виділяється стільки ж теплової енергії, як і при спалюванні 3200 кг деревини, 957 м газу, 1000 л дизельного палива, 1370 л мазуту;
- горіння гранул у топці котла відбувається більш ефективно, кількість залишків (золи) не перевищує 1,0-3,0% від загального обсягу використовуваних гранул;
- при спалюванні гранули не надають негативного впливу на довкілля;
- гранули не містять прихованих пір, схильних до самозаймання при підвищенні температури;
- збільшення насипної ваги готового продукту в порівнянні з вихідною сировиною в 6-6,5 рази і, отже, зниження витрат під час транспортування.

Завдяки вищезазначеним якостям гранули мають високу конкурентоспроможність порівняно з іншими видами палива. Технологія виробництва паливних гранул з лушпиння соняшника не сильно відрізняється від технології виробництва деревних чи торф'яних гранул. Технологічний процес включає попереднє сушіння до вологості не більше 14-15%. При цьому технології сушіння може бути різними.

Соняшникове лушпиння подрібнюється за допомогою молоткової дробарки і подається безпосередньо на лінію гранулювання. Перед пресуванням подрібнене соняшникове лушпиння має пройти волого-термічну обробку (обробку паром, а при недостатній вологості – гарячою водою). При виході з пресуючої камери гранулятора гранули необхідно охолодити, відсіяти від

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

крихти, що утворилася при гранулюванні та транспортуванні, і передати на зберігання безтарно (насипом або в бункері) або в тарі (мішках або біг-бегах).

Таким чином, можна стверджувати, що одним із шляхів вирішення проблеми з утилізацією лушпиння соняшнику є отримання з лушпиння пелет паливних гранул.

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що виробництво біопалива і перехід котелень на пелетне паливо є актуальним. Тому було прийнято рішення щодо переходу досліджуваної котельні міської лікарні на альтернативне і екологічно чисте пелетне паливо.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

РОЗДІЛ 3

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЛІКАРНІ

3.1 Основні відомості про систему теплопостачання лікарні

Міська лікарня м. Миколаєва, мала централізоване теплопостачання, але через низьку якість послуг та відсутність гарячого водопостачання було прийнято рішення перейти на автономне теплопостачання з використанням твердопаливних котлів, що працюють на пелетах.

Відповідно до ДСП 173–96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів» розміри нормативної санітарно–захистної зони від устаткування енергетичного виробництва не встановлюються [20]. Найближча житлова забудова знаходиться на відстані порядку 83 м від димової труби котельні.

Згідно з будівельними нормами, котельні в медичних закладах (крім амбулаторій) повинні розташовуватися в будівлях, що окремо стоять. Котельні, вбудовані чи прибудовані до будівлі спального чи лікувального корпусу медустанови, заборонені за винятком амбулаторно-поліклінічних медичних закладів з відвідуваністю не більше 100 пацієнтів за зміну. Це можуть бути фельдшерсько-акушерські пункти, діагностичні центри. Тут дозволено розміщення котелень із закритими пальниками, які захищають медичний заклад від проникнення у приміщення продуктів горіння. Потужність таких котелень не повинна перевищувати 5 МВт, а температура не може підніматися вище 115°C.

Лікарня, диспансер, клініка належать до об'єктів підвищеної відповідальності. У цих медичних закладах люди перебувають цілодобово. Вимоги до температури у приміщеннях набагато вищі, ніж у звичайних адміністративних будівлях. Крім опалення, медустановам потрібна гаряча вода для прання білизни, частого прибирання приміщень, миття посуду тощо. В окремій котельні встановлюється кілька котлів, що працюють на різних видах палива. Також там встановлюють резервний котел, який підключається до генератора, що виробляє електроенергію. Це потрібно для того, щоб лікарня не

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Котельня відповідає вимогам, встановленим ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» та інших нормативних актів (табл.3.1).

№ з/п	Вимоги	Відповідність вимогам
1	Вимоги до будівлі	Котельня одноповерхова з цегляними стінами і залізобетонним покриттям. Підлоги – бетонні, двері і вікна – дерев'яні. Ступінь вогнестійкості будівлі – II. Площа котельні – 90,48 м ² (11,6м x 7,8м), висота приміщення – 4,3 м.
2	Параметри теплоносія	На опалення – 70-95°C; на гаряче водопостачання – 50 °C.
3	Водопідготовка	У котельні передбачена автоматична установка для пом'якшення вихідної води DNF–30/1–F і станція дозування інгібітору Пульс В10001–1,5 для її деаерації. В якості інгібітора передбачається реагент Аминат А (витрата – до 20 мл/м ³). Установки працюють в автоматичному режимі. Вода для підживлення системи теплопостачання проходить обробку в водопом'ягчувальній установці з автоматичною регенерацією
4	Вентиляція котельного залу	Припливно-витяжна з природним спонуканням повітря. У вікнах передбачена установка припливних вентиляційних решіток, витяжка через дефлектори.
5	Освітлення	У котельні передбачені наступні види освітлення – робоче, аварійне і окрема лінія у вибухонебезпечному виконанні. Управління освітленням видбувається за допомогою вимикачів, що встановлюються біля входу в котельний зал.
6	Опалення котельні	Радіаторами з чавунних секцій МС–140А, труби – з пропілену.
7	Розташування запасу палива	Зберігається на проміжному складі палива. Встановлений зовнішній бункер для автоматичного подавання пелет до котла. Складування змінного запасу пелетів передбачено в котельному залі з дотриманням проходів шириною не менше 1,0 м, а перед котлами – не менше 1,5 м.
8	Система пожежогасіння	Пожежогасіння котельного залу передбачається двома струменями по 2,5 л/с кожна

9	Очищення димових газів та охорона навколишнього середовища	Димовидалення відбувається через димову трубу d = 500 мм висотою 18 м. Передбачено очищення димових газів в мультициклоні зі ступенем очищення до 89%. Поводження з побутовими та промисловими відходами (зола) – згідно з чинним законодавством України.
---	--	---

Найбільш економічно вигідними є котельні, що працюють на твердому паливі (вугілля, пелети, дрова). Якщо медзаклад розташований у житловому кварталі, вимоги до екологічної безпеки до них дещо вищі. Котельні повинні відповідати екологічним вимогам та мати достатню потужність для забезпечення потреб у теплі та гарячій воді.

Котельня, що знаходиться на території міської лікарні була побудована в кінці 90-х років. Котельня одноповерхова з цегляними стінами і залізобетонним покриттям. Підлоги – бетонні, двері і вікна – дерев'яні. Ступінь вогнестійкості будівлі – II.

3.2 Вибір твердопаливних котлів та їх технічні характеристики

Котельня призначена для теплопостачання і гарячого водопостачання міської лікарні. Теплове навантаження на котельню становить:

- на опалення 940 кВт;
- та гаряче водопостачання 420 кВт.

Таким чином теплове навантаження на котельню міської лікарні становить – 1,36 МВт.

Обираємо два пелетних твердопаливних котла Marten MIT-700P номінальною потужністю 700 кВт кожний (виробництво – м. Харків). Встановлена потужність котельні – 1,4 МВт (рис. 3.1, рис. 3.2).

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57



Рис. 3.1 – Розташування твердопаливних котлів Marten MIT-700P в котельні

Твердопаливний котел Marten MIT-700P призначений для опалення побутових, складських, виробничих та інших приміщень площею до 7000 м², а також для систем гарячого водопостачання. Завдяки пелетному пальнику та бункеру об'ємом 1 м³ котел здатний працювати в авторежимі до 12 годин, а із зовнішнім бункером збільшеного обсягу до 2,5 тижнів. Такий режим роботи котла Marten MIT-700P досягається порційним спалюванням пелет в тому обсязі який необхідний системі опалення в поточний момент. Все це робить опалення пелетами за допомогою котлів Marten MIT Pellet найдешевшим на сьогоднішній день (рис. 3.2). Як показує практика, витрати на опалення скорочуються в 3-4 рази в порівнянні з газовими котлами та дизельними пальниками [39].



Рис. 3.2 – Пелетний котел Marten MIT-700P

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Зовнішній вигляд котельні, димар, система золовловлювання наведені в додатку В. Головні переваги твердопаливного котла Marten MIT-700P наведено на рис. 3.3, технічні характеристики котла в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики котла Marten MIT-700P

Показники	Од. вим.	Значення
ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ		
Виробник	-	MARTEN
Країна виробництва	-	Україна
Подача палива	-	Автоматична
Номінальна потужність	кВт	700
Мінімальна потужність	кВт	210,00
Вага	кг	4100.0000
Паливо	-	Пелети з деревини, пелети з лушпіння соняшника
Опалювальна площа	м ²	До 7000
ККД	%	92
Максимальний тиск	бар	2,5 бар
Рекомендована температура води в котлі	°C	50-85
Тип колосників	-	Рухомі чавунні
Матеріал теплообмінника та товщина	мм	09Г2С, 6 мм
ПАРАМЕТРИ ТОПКИ		
Ширина топки	мм	1050
Глибина топки	мм	1 800,00
Об'єм топки	л	1 520,00

Продовження табл. 3.2

Показники	Од. вим.	MIT-700P
ГАБАРИТИ КОТЛА		
Висота	мм	2460
Ширина	мм	2230
Глибина	мм	2520
Розмір димоходу котла	мм	500
Патрубки підключення	"	4,0 "
Патрубок запобіжного клапану	"	2x1 1/4"
Розмір фланців	мм	205
ПАРАМЕТРИ БУНКЕРА		
Об'єм бункеру	л	1000
ДхШхВ	мм	1150x950x1600



Рис. 3.3 – Переваги твердопаливного пелетного котла Marten MIT-700P

3.3 Принцип роботи пелетного котла Marten MIT-700P

Промислова серія котлів Marten Industrial T Pellet являє собою інноваційну розробку в сфері сучасних екологічно чистих способі отримання енергії.

Пелетний котел Marten Industrial-T Pellet MIT-700 з автоматичною подачею використовуються для опалення приміщень, а також для нагрівання води за допомогою бойлерів непрямого нагріву.

Дані котли зі сталевим теплообмінником товщиною 8 мм, виготовленим з марки сталі 09Г2С. Колосники цієї моделі виготовлені з чавуну. Котел повністю теплоізолюваний і обшитий декоративною панеллю.

Основним паливом для таких котлів є пелети деревні та агропелети. Діаметр пелети становить від 6 до 8 мм, довжина трохи більше 25 мм і вологість пелети до 10%.

Ергономічна поверхня котла має параметри майже ідеального золотого перерізу для розміщення компонентів комплектації котла. По периметру котла розташована водяна сорочка, у верхній частині котла зосереджений вторинний теплообмінник, виконаний з двох пучків жаротрубних цільнотягнутих труб, розташованих під різними кутами нахилу (рис. 3.4).



Рис. 3.4 – Внутрішня будова котла Marten MIT-700P

Жаротрубний теплообмінник являє собою систему жароміцних труб, що розташовуються під нахилом до осі котла між двома камерами допалювання горючих газів. З першої камери високотемпературні гази потрапляють в перший пучок труб теплообмінника, потім через другу поворотну камеру потрапляють в наступне розгалуження теплообмінника. Таким чином проводиться максимально ефективне знімання тепла від згораючого палива і знижується температура газів на виході через димохід. Сталеві водонаповнені колосники служать додатковим джерелом знімання тепла (рис. 3.5).

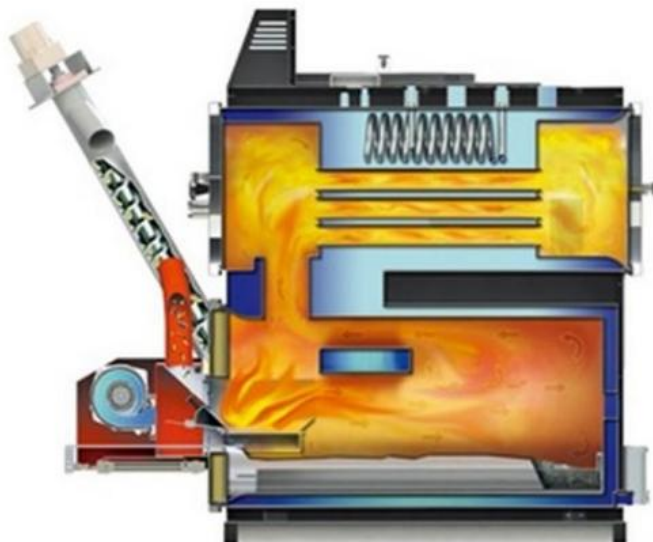


Рис. 3.5 – Принцип роботи пелетного котла

Котел має три двері по передній панелі котла. У районі колосникової зони розташовані двері, в які вмонтований пелетний пальник і за допомогою якого відбувається процес спалювання твердого гранульованого пресованого палива. Пелетний пальник у свою чергу з'єднаний гофрованим пластиковим живильним шлангом зі шнеком-живильником, який за допомогою редукційного двигуна подає пелетне паливо із завантажувального бункера. Нижні треті двері служать для видалення залишкових продуктів горіння – золи.

Пелетний пальник твердопаливного котла має функцію автоматичного розпалювання та гасіння котла, його модуляція дозволяє працювати котлу в діапазоні потужності від 30 до 100% за наявності системи самоочищення котла. У базову комплектацію пелетного котла Marten Industrial-T Pellet MIT-700 P з автоматичною подачею входить: котел серії Industrial-T, пальник з дутевим вентилятором, командоконтролер і живильний шнек, а також завантажувальний бункер 1000 л.

Пожежна безпека забезпечується конструкцією гофрованого шлангу. Він виконаний з легкозаймистого матеріалу, і в разі зворотного потрапляння вогню, він розплавляється, тим самим зупиняє роботу опалювального котла в цілому.

Електронний контролер здійснює керування всіма процесами роботи котла і підтримки заданої температури. Пристрій має функцію пам'яті і в разі перебоїв з електрикою автоматично включає роботу котла по заданих параметрах.

Пальник факельного типу з функцією самоочищення колосника. Така конструкція є ідеальною для роботи на пелетах з лушпиння соняшника. Функціональність пальника дозволяє спалювати паливо без залишку та з мінімальною кількістю золи. Чищення котла максимально зручне – легкий доступ до теплообмінника та ящика із золою дозволяє без зусиль чистити котел.

Котел Marten Industrial-T Pellet MIT-700P простий і надійний в експлуатації та обслуговуванні. Він є енергоефективним. Економне використання пелет дає суттєву економію на опаленні та знижує обсяги викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря. ККД становить 92 %, термін експлуатації не менше 20 років.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

РОЗДІЛ 4
ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОТЕЛЬНОЇ НА СТАН
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ
ПРИРОДООХОРОННОГО ЗАХОДУ

4.1 Оцінка впливу експлуатації автономної котельні на стан атмосферного повітря

Розрахунок викидів забруднюючих речовин при роботі двох пелетних котлів

Розрахунок виконаний на підставі ГКД 34.02.305-2002 «Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення» [11].

Максимальні разові і валові кількості викидів забруднюючих речовин визначаються за формулою:

$$M_i = 10^{-6} \cdot k_i \cdot Q_n^p \cdot B, \text{ г/сек, т/рік}$$

де k_i – показник емісії i -гої забруднюючої речовини, г/ГДж;

$Q_n^p = 18$ МДж/кг – масова нижня теплота згоряння палива (пелети з лушпиння соняшника);

B – витрата палива за розглянутий проміжок часу, г/с, т/рік.

Масова витрата палива складає:

$B_{\text{рік}} = 248,778$ т/рік – річна витрата палива на два котла;

$B_{\text{год}} = 54$ кг/год – годинна витрата палива на два котла;

$B_{\text{сек}} = 15$ г/с – секундна витрата палива на два котла.

Показники емісії оксидів азоту, вуглецю окису, метану при спалюванні лушпиння соняшнику є узагальненими і їх значення становлять:

$K_{\text{N}_2\text{O}} = 5$ г/ГДж – показник емісії оксиду діазоту;

$K_{\text{CO}} = 120$ г/ГДж – показник емісії вуглецю окису;

$K_{\text{CO}_2} = 22220$ г/ГДж – показник емісії вуглекислого газу;

$K_{\text{NO}_2} = 88$ г/ГДж – показник емісії діоксиду азоту;

$K_{\text{CH}_4} = 9$ г/ГДж – показник емісії метану.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$k_{\text{тв.ч.}} = 283,5 \text{ г/ГДж}$ – показник емісії суспендованих твердих частинок (зола).

Максимальні разова кількість викидів становить :

$$M_{N_2O}^{\text{м.р.}} = 10^{-6} \cdot 5 \cdot 18 \cdot 15 = 0,00135 \text{ г/с};$$

$$M_{CO}^{\text{м.р.}} = 10^{-6} \cdot 120 \cdot 18 \cdot 15 = 0,0324 \text{ г/с};$$

$$M_{NO_2}^{\text{м.р.}} = 10^{-6} \cdot 88 \cdot 18 \cdot 15 = 0,02376 \text{ г/с};$$

$$M_{CH_4}^{\text{м.р.}} = 10^{-6} \cdot 9 \cdot 18 \cdot 15 = 0,00243 \text{ г/с};$$

$$M_{\text{тв.ч.}}^{\text{м.р.}} = 10^{-6} \cdot 283,5 \cdot 18 \cdot 15 = 0,076545 \text{ г/с};$$

$$M_{CO_2}^{\text{м.р.}} = 10^{-6} \cdot 22220 \cdot 18 \cdot 15 = 5,9994 \text{ г/с}.$$

Валові викиди забруднюючих речовин становлять:

$$M_{N_2O}^{\text{вал}} = 10^{-6} \cdot 5 \cdot 18 \cdot 248,778 = 0,4030 \text{ т/рік};$$

$$M_{CO}^{\text{вал}} = 10^{-6} \cdot 120 \cdot 18 \cdot 248,778 = 0,5374 \text{ т/рік};$$

$$M_{NO_2}^{\text{вал}} = 10^{-6} \cdot 88 \cdot 18 \cdot 248,778 = 0,3941 \text{ т/рік};$$

$$M_{CH_4}^{\text{вал}} = 10^{-6} \cdot 9 \cdot 18 \cdot 248,778 = 0,00403 \text{ т/рік};$$

$$M_{\text{тв.ч.}}^{\text{вал}} = 10^{-6} \cdot 283,5 \cdot 18 \cdot 248,778 = 1,2695 \text{ т/рік};$$

$$M_{CO_2}^{\text{вал}} = 10^{-6} \cdot 22220 \cdot 18 \cdot 248,778 = 99,5012 \text{ т/рік}.$$

Таблиця 4.1 – Обсяги викидів забруднюючих речовин при експлуатації котельні лікарні з двома пелетними котлами Marten MIT-700 P

Максимальні разові викиди	
Речовина, що викидається	Обсяг викидів, г/с
Оксид діазоту	0,00135
Вуглецю окис	0,0324
Тверді частинки (зола)	0,076545
Діоксид азоту	0,02376
Метан	0,00243
Вуглецю двоокис	5,9994

Валові викиди	
Речовина, що викидається	Обсяг викидів, т/рік
Оксид діазоту	0,4030
Вуглецю окис	0,5374
Тверді частинки (зола)	1,2695
Діоксид азоту	0,3941
Метан	0,00403
Вуглецю двоокис	99,5012

Наведені значення валових викидів свідчать про те, що рівень забруднення атмосфери в результаті експлуатації котельні міської лікарні № 5 м. Миколаєва (два пелетних котла загальною потужністю 1,4 МВт) є незначним і не робить негативного впливу на атмосферне повітря в районі своєї діяльності. Це підтверджує екологічну ефективність та переваги технології використання твердого біопалива в автономній системі теплопостачання.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від двигуна дизель-генератора

На випадок аварійних ситуацій, пов'язаних з відключенням електроенергії, в котельні передбачено встановлення дизель-генератора, який буде забезпечувати електрикою два пелетних котла потужністю 700 кВт кожний.

Потужність дизель-генератора – 100 кВт, вид палива–дизельне паливо.

Максимальні разові і валові викиди забруднюючих речовин від стаціонарного двигуна визначаються за формулою:

$$M_i = 10^{-6} \cdot k_1 \cdot Q_i^r \cdot B$$

Де k_1 – показник емісії і-тої забруднюючої речовини, г/ГДж;

$Q_i^r = 42,62$ МДж/кг – нижча робоча теплота згоряння палива;

$B_{рік} = 2,06$ т/рік – загальна річна витрата палива;

$B_{год} = 20,6$ кг/год – годинна витрата палива;

$B_{сек} = 5,73$ г/сек – секундна витрата палива.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Показники емісії вуглецю окису і метану є узагальненими, їх значення приймаються за таблицями:

$k_{NO_2} = 1000,0$ г/ГДж – показник емісії азоту оксиду;

$k_{CO} = 40,0$ г/ГДж – показник емісії окису вуглецю;

$k_{N_2O} = 0,6$ г/ГДж – показник емісії оксиду діазоту;

$k_{CH_4} = 3,0$ г/ГДж – показник емісії метану.

Для азоту двоокису, ангідриду сірчистого, вуглецю двоокису і твердих речовин показники емісії є специфічними і визначаються з урахуванням індивідуальних характеристик палива, конкретних характеристик процесів спалювання і т.п. і визначаються за емпіричними формулами.

Показник емісії оксидів сірки (в перерахунку на SO_2)

$$k_{SO_2} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{2S^r}{100} \cdot (1 - \eta_1)(1 - \eta_2\beta), \text{ г/ГДж}$$

Де $S^r = 0,2\%$ – вміст сірки в робочій масі палива;

$\eta_1 = 0,02$ – ефективність зв'язування сірки золою в енергетичній установці;

$\eta_2 = 0$ – ефективність золовловлювальної установки;

$\beta = 0$ – коефіцієнт роботи золовловлювальної установки.

$$k_{SO_2} = \frac{10^6}{42,62} \cdot \frac{2 \cdot 0,2}{100} \cdot (1 - 0,02)(1 - 0) = 92,0 \text{ г/ГДж}$$

Показник емісії вуглецю двоокису:

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C^r}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \varepsilon, \text{ г/ГДж},$$

де $C^r = 86,7\%$ – вміст вуглецю в робочій масі палива;

$\varepsilon = 0,99$ – ступінь окислення вуглецю палива в енергетичній установці.

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{86,7}{100} \cdot \frac{10^6}{42,62} \cdot 0,99 = 73844 \text{ г/ГДж}$$

Показник емісії твердих частинок (сажа):

$$k_{тв} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot a_{вин} \cdot \frac{A^r}{100 - \Gamma_{вин}} \cdot (1 - \eta_{зy}) + k_{твс}, \text{ г/ГДж}$$

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$k_{мс} = 0$ – викид твердих часток сорбенту і продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки;

$\Gamma_{вин} = 0$ – масова частка горючих речовин в леткій золі;

$a_{вин} = 1,0$ – частина леткої золи;

$A^r = 0,01\%$ – вміст золи в робочій масі палива;

$\eta_{з\gamma} = 0$ – ефективність золовловлювальної установки

$$k_{мс} = \frac{10^6}{42,62} \cdot 1,0 \cdot \frac{0,01}{100 - 0} \cdot (1 - 0) = 2,3 \text{ г/ГДж}$$

Максимальні разові викиди забруднюючих речовин складають:

$$M_{NO_2}^{mp} = 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 42,62 \cdot 5,73 = 0,2442 \text{ г/сек};$$

$$M_{CO}^{mp} = 10^{-6} \cdot 40,0 \cdot 42,62 \cdot 5,73 = 0,0098 \text{ г/сек};$$

$$M_{SO_2}^{mp} = 10^{-6} \cdot 92,0 \cdot 42,62 \cdot 5,73 = 0,0225 \text{ г/сек};$$

$$M_{мс}^{mp} = 10^{-6} \cdot 2,3 \cdot 42,62 \cdot 5,73 = 0,0006 \text{ г/сек};$$

$$M_{CH_4}^{mp} = 10^{-6} \cdot 3,0 \cdot 42,62 \cdot 5,73 = 0,0007 \text{ г/сек};$$

$$M_{CO_2}^{mp} = 10^{-6} \cdot 73844 \cdot 42,62 \cdot 5,73 = 18,0336 \text{ г/сек};$$

$$M_{N_2O}^{mp} = 10^{-6} \cdot 0,6 \cdot 42,62 \cdot 5,73 = 0,0001 \text{ г/сек}.$$

Валові викиди забруднюючих речовин:

$$M_{NO_2}^{pik} = 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 42,62 \cdot 2,06 = 0,0878 \text{ т/рік};$$

$$M_{CO}^{pik} = 10^{-6} \cdot 40,0 \cdot 42,62 \cdot 2,06 = 0,0035 \text{ т/рік};$$

$$M_{SO_2}^{pik} = 10^{-6} \cdot 92,0 \cdot 42,62 \cdot 2,06 = 0,0081 \text{ т/рік};$$

$$M_{мс}^{pik} = 10^{-6} \cdot 2,3 \cdot 42,62 \cdot 2,06 = 0,0002 \text{ т/рік};$$

$$M_{CH_4}^{pik} = 10^{-6} \cdot 3,0 \cdot 42,62 \cdot 2,06 = 0,0003 \text{ т/рік};$$

$$M_{CO_2}^{pik} = 10^{-6} \cdot 73844 \cdot 42,62 \cdot 2,06 = 6,4833 \text{ т/рік};$$

$$M_{N_2O}^{pik} = 10^{-6} \cdot 0,6 \cdot 42,62 \cdot 2,06 = 0,0001 \text{ т/рік}.$$

Результати розрахунків зведено в табл. 4.2.

					183.6281м.03.КР	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Таблиця 4.2 – Обсяги викидів забруднюючих речовин від аварійного дизель-генератора

Максимально разові викиди	
Речовина, що викидається	Обсяг викидів, г/с
Азоту двоокис	0,2442
Вуглецю окис	0,0098
Ангідрид сірчистий	0,0101
Зола	0,0006
Метан	0,0070
Оксиду діазоту	0,0001
Вуглецю двоокис	18,0336
Валові викиди	
Речовина, що викидається	Обсяг викидів, т/рік
Азоту двоокис	0,0878
Вуглецю окис	0,0035
Ангідрид сірчистий	0,0081
Зола	0,0002
Метан	0,0003
Оксиду діазоту	0,0001
Вуглецю двоокис	6,4833

Розраховані значення обсягів забруднюючих речовин, що виділяються при роботі аварійного дизель-генератора є незначними, при цьому не виникає значного негативного впливу на атмосферне повітря в районі розташування міської лікарні.

4.2 Заходи щодо очищення газових викидів при експлуатації котельні

Основним заходом захисту атмосфери від шкідливих викидів є застосування технічних засобів. Для уловлювання зважених частинок

застосовується різна апаратура, у складі якої значне місце займають циклонні апарати, які є найбільш актуальними для сухого механічного пиловловлення.

При проектуванні нових та реконструкції діючих котельних установок повинні бути передбачені заходи, що забезпечують очищення димових газів від золи для того, щоб концентрація її в приземному шарі атмосферного повітря не перевищувала заданої величини. Вибір типу золоуловлювачів проводиться залежно від необхідного ступеня очищення, можливих компоновальних рішень, техніко-економічного порівняння варіантів установки золоуловлювачів різних типів. Ступінь очищення димових газів від золи повинен бути не менше 90%. мокрі золоуловлювачі типу скрубера з трубою Вентурі – зі ступенем очищення газів до 97-98%.

Газоходи перед і після золоуловлювачів, їх компоновання повинні забезпечувати рівномірну роздачу димових газів апаратами при мінімальному опорі газового тракту і виключати відкладення в них золи.

Сухі золоуловлювачі при уловлюванні золи, схильної до схоплювання або налипання на стінках, повинні мати теплоізоляцію, що забезпечує температуру стінок бункерів не менше, ніж на 15°C вище за точку роси димових газів. Мокрі золоуловлювачі можуть застосовуватися при температурі від 130 до 200°C. Температура димових газів за мокрими золоуловлювачами за будь-яких режимів роботи котлів повинна перевищувати температуру точки роси газів за водяними парами не менше ніж на 15°C.

Електрофільтри можуть застосовуватися для очищення димових газів з температурою, що перевищує температуру точки роси на 5°C до 250°C. Температура і вологовміст димових газів, що надходять, в електрофільтри, повинні забезпечувати можливість високоефективного очищення газів від золи палива, що спалюється з урахуванням її електрофізичних властивостей.

Частіше використовують в котельнях апарати для сухого очищення димових газів. Вони можуть бути засновані на використанні сил інерції, тяжіння та відцентрових сил або на утворенні коронного розряду між електродами та спрямованого руху газу, що несе тверді частинки до позитивного електрода, на якому осаджуються частинки.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

До сухих золоуловлювачів відносяться жалюзійні золоуловлювачі, циклони різного типу та електрофільтри.

Жалюзійний золоуловлювач складається з решітки-жалюзі, бункера та циклону. Потік газів із золюю зі швидкістю 12 - 16 м/с входить у жалюзі, змінює свій напрямок майже на 180° і поділяється на дві частини: один потік у кількості 7 - 10% надходить у циклон разом із золюю, інший - у газоходи; ступінь очищення димових газів близько 50%, опір від 03 до 09 кПа (від 30 до 90 кгс/м²).

Такі золоуловлювачі застосовуються при шаровому спалюванні твердого палива, так як вони не вловлюють дрібних твердих частинок (з розміром приблизно до 20 мкм), і при будь-якому способі спалювання твердого палива для котельних установок, що тимчасово працюють.

Для кращого очищення димових газів у тих випадках, коли тверде паливо спалюється в шарі та кількість димових газів не перевищує 1,4 м³/с (50-103 м³/год), тобто теплопродуктивність котельні не більше 3,5 МВт (3 Гкал/год), застосовуються універсальні циклони ЦН (рис. 4.1).

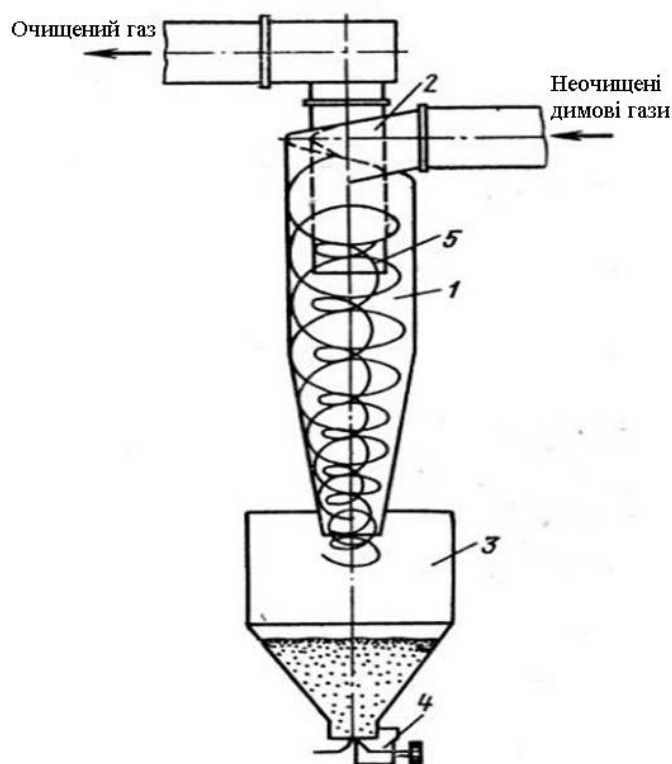


Рис. 4.1 – Циклон ЦН:

1– стінка циклону; 2 – тангенційний короб; 3– ємність циклону; 4–канал циклону; 5 – патрубок.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Принцип дії циклону заснований на закручуванні тангенціальним коробом 2 вхідного запиленого потоку димових газів з подальшим зміною напрямку руху (різким поворотом). За рахунок відцентрових сил більш важкі частинки золи віджимаються до стінок циклону 1 і ними ковзають вниз в ємність 3; очищені гази по центрально розташованому патрубку 5 виходять у відповідний короб. Видалення золи з ємності в канал 4 здійснюється через спеціальний пристрій.

Збільшення діаметра циклону та частки дрібних твердих частинок знижує ефективність очищення газів, яка в середньому в одиночному циклоні становить 85%. Тому для одиночних установок запропоновано конічний циклон типу СК-ЦН, який дозволяє знизити вміст дрібних частинок у газах, що виходять, в 2-рази.

Найбільш ефективними є батарейні циклони (мультициклони), що складаються з десятків і навіть сотень циклонів малого діаметра, об'єднаних загальним кожухом, загальною камерою, підведенням і відводом газу. Циклони батарейні можуть бути зворотно-поточного, прямоточного і вихрового типу. Введення газу може бути тангенціальним, спіральним або осьовим.

Технологічне рішення об'єднати циклони малого діаметра в одну систему знайшло своє застосування в групових і батарейних циклонах. Очищення газів котелень за допомогою групових циклонів передбачає установку 2, 4, 6 і більше циклонів, паралельно з'єднаних між собою.

Ступінь очищення димових газів підвищується при встановленні кількох циклонів малого розміру, з'єднаних блоком, із загальними коробами на вході для запиленого та виході очищеного газу. Схема установки блоку циклонів показано на рис. 4.2.

Батарейний циклон, що складається з великої кількості (від 20 до 56) циклонів 1 із зовнішнім діаметром 254 мм, скомпонованих усередині загального кожуха 2, покритого тепловою ізоляцією. Кожух 2 розділений на дві секції, кожна з яких має свій патрубок 3, що підводить, і розташовану за ним розподільну камеру 4. Перед патрубком встановлений перекидний шибер 5, що дозволяє при різних його положеннях пропускати запилені гази через весь, одну або дві третини циклону. Вихідна камера 9 виконана загальною.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Кожен елемент –циклон складається з чавунного корпусу 7, закріпленого болтами на нижній опорній решітці 6. Газ через розетки, що закручуються або інші напрямні апарати входить в циклон, очищається і по сталевому патрубку 8 виходить у вихідну камеру 9.

Для закріплення сталевих патрубків зварюванням низ вихідної камери виконаний у вигляді сталевих ґрат 10. Верхня кришка кожуха має лаз 11 і вибуховий клапан 12. Уловлені тверді частинки потрапляють в бункера 13, з яких видаляють їх тим чи іншим способом.

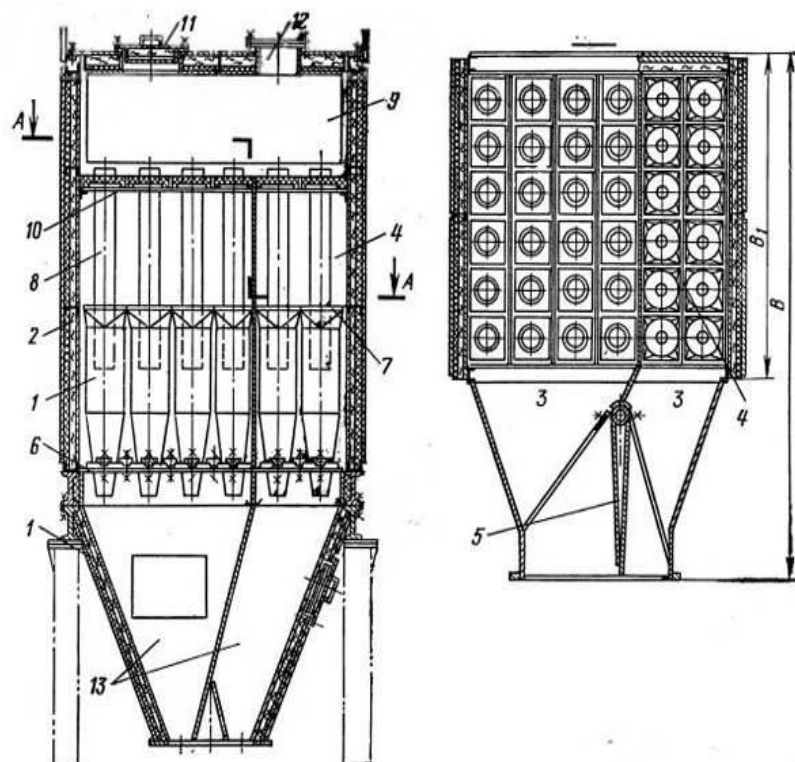


Рис. 4.2 – Батарейний циклон

1 – циклон; 2 – кожух; 3 – підвідний патрубков; 4 – розподільна камера; 5 –перекидний шибер; 6 – решітка; 7 – чавунний корпус; 8 – сталевий патрубков; 9 –вихідна камера; 10 – сталеві ґрати; 11 – лаз; 12 – вибуховий клапан; 13 – бункер.

Шибер дозволяє на малих навантаженнях відключити половину циклонів і зберегти необхідний ступінь очищення газів. Блоки встановлюються за котлами з шаровими топками, коли ступінь очищення може становити 80- 90%, але при кількості димових газів до 0,85 м³/с (до 30-103 м³/год).

Ступінь очищення газів перед викидом в атмосферу можна підвищити, якщо на вході запиленого потоку і на виході газів в центральний патрубков

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

поставити пристрої, що збільшують закручування потоку. Такі циклони мають при однакових значеннях швидкостей і температур газів дещо менший газовий опір, що дозволяє їх використовувати при природній тязі, тобто в тих випадках, коли опір золоуловлювача має бути низьким.

При зменшенні діаметра циклону ступінь уловлювання твердих частинок за інших рівних умов зростає; зі збільшенням кількості циклонів їх компонування ускладнюється.

Батарейним циклоном можна відокремити з димових газів при шаровому спалюванні палива 85-92% твердих частинок і при камерному – 83 - 90%; газовий опір батарейного циклону дорівнює за цих умов 0,4-0,6 кПа (40-60 кгс/м²).

4.3 Будова і технічні характеристики мультициклона

Для очищення димових газів, що виділяються при спалюванні твердого біопалива в котельні міської лікарні рекомендовано встановлення мультициклонів МС-8 (спільне виробництво Marten, Україна – Kalvis, Литва). Мультициклон або батарейний циклон на сьогоднішній день є найбільш поширеним типом золоуловлювача для ефективного уловлювання пилу в котельних установках різної потужності.

Мультициклон призначений для відділення летючої золи та інших твердих частинок з диму, що викидається установками, що спалюють тверде паливо. Підходить всім моделям як з ручною, так і з механізованою подачею палива до котлів. Розміри підбираються залежно від кількості диму, що потрібно очистити, потужності котла та вологості палива.

Корпус мультициклона зварений із сталі листового прокату. Корпус мультициклона складається із металевого циліндра з конусною частиною внизу, до якої прикріплений зольник. Якщо у проекті котельні передбачена автоматизована система видалення золи, то до неї підключається транспортер видалення золи через повітряну заслінку (дозатор). У верхній частині циліндра наявні дві перегородки, які формують дві окремі камери. До цих камер приварюються патрубки входу та викиду (діаметр патрубків, а також конкретна

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

висота вварювання підбираються для кожного конкретного котла шляхом вирізки та варіння на місці монтажу). Кожна камера має дверцята огляду та чищення. На верхній перегородці кріпляться очисні батарейні елементи. Зверху циліндр накритий кришкою. Для встановлення циклону до його корпусу приварено 3 металеві опори. Всі кришки та фланці кріплення елементів ущільнені шнурами зі скловолокна. Термоізоляція мультициклону проводиться спільно з ізоляцією трубопроводів димоходу та агрегатів котельні (рис. 4.3, табл. 4.3, рис. 4.4).



Рис. 4.3 – Зовнішній вигляд мультициклону МС-8

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики мультициклону МС-8

№ з/п	Показник		Значення
1	Тип батарейного елементу		Поворотний, потоковий
2	Кількість батарейних елементів		8 шт.
3	Кількість диму, що очищується		5360 м ³ /год
4	Аеродинамічний опір		450 Па
5	Швидкість потоку диму в батарейному елементі		20-25 м/с
6	Коефіцієнт очищення диму		85-89%
7	Розміри труби диму (діаметр)		380 мм
8	Габаритні розміри	Висота	3650
		Ширина	1095
		Довжина	1240
9	Рекомендований вогнетривкий фундамент В x L		1000 x 1000
10	Маса, не більше		700 кг
11	Потужність котла		600-1000 кВт

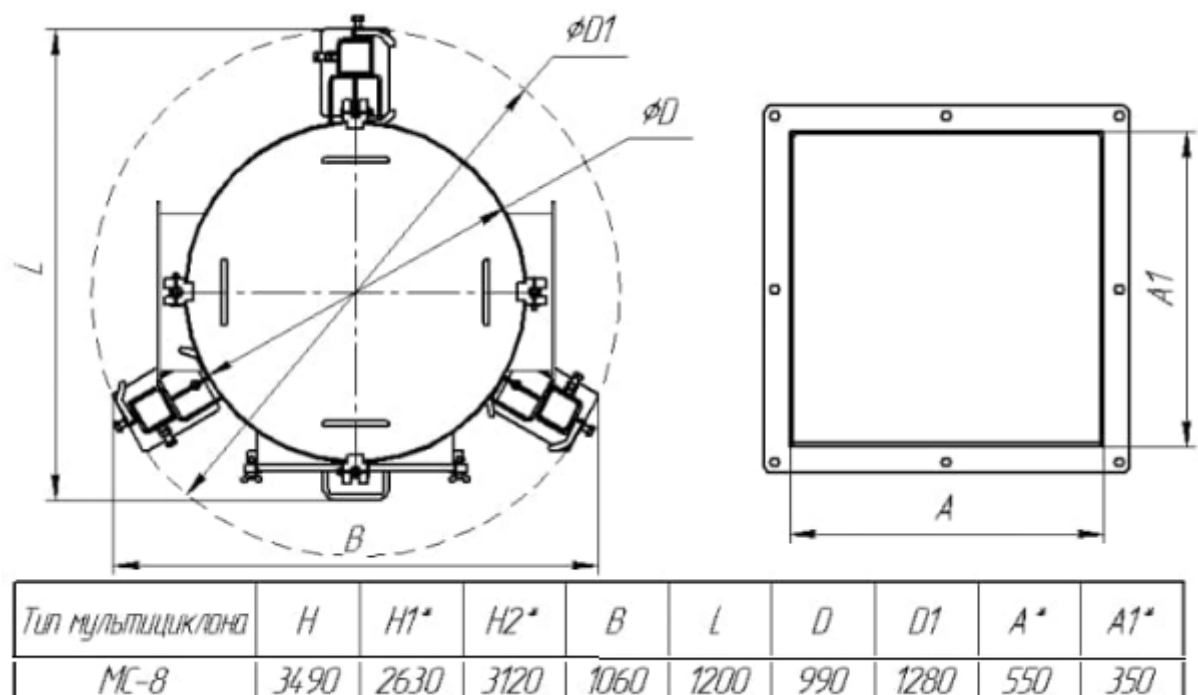
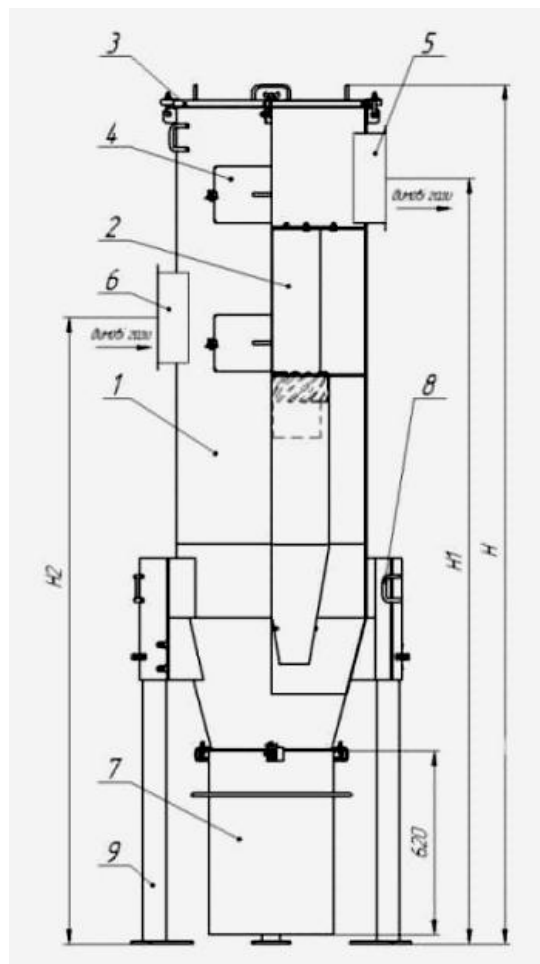


Рис. 4.4 – Схема мультициклону MC-8:

1– корпус, 2 – батарейний елемент, 3 – кришка, 4 – кришка очищення, 5–патрубок виходу диму, 6 – патрубок входу диму, 7–зольник, 8 – петля, 9 – опори.

Димові гази з високою швидкістю (20-25 м/с) подаються в мультициклон, де роблять спірально-обертальний рух. В результаті частинки золи притискаються до внутрішньої поверхні корпусу мультициклону і, втрачаючи швидкість руху, випадають в бункер. Очищені гази через внутрішню трубу мультициклону проходять вгору і видаляються. Чим менше діаметр кожного циклону, тим краще ним уловлюються тверді частинки.

Золовидалення з бункерів циклонів будь-якого типу повинно проводитись вчасно, щоб уникнути захоплення і виносу золи газами. Система золовидалення циклонів приєднується до системи котлового шлакозоловидалення. Очищення газів котелень із застосуванням циклонів може відбуватися в самому приміщенні котельні, поза нею, на даху або в окремій будівлі.

					183.6281м.03.КР	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В
АВТОНОМНІЙ СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ**

5.1 Основні економічні показники роботи котельні

В котельні міської лікарні встановлені два пелетні твердопаливні котли – теплопродуктивністю 700 кВт кожен. Теплове навантаження на котельню – 1,36 МВт: 0,94 МВт на опалення та 0,42 МВт на гаряче водопостачання. Встановлена потужність котельні – 1,4 МВт.

Капітальні вкладення на придбання та монтаж пелетних котлів в котельні лікарні наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Капітальні вкладення для обладнання автономної системи
теплопостачання міської лікарні

№	Стаття витрат	Ціна, грн	Кількість, шт	Сума, грн
1	Пелетний котел Marten MIT-700 P, 700 кВт	1086800	2	2173600
2	Бункер накопичувач для пелет, 30 м ³	180000	1	180000
3	Монтаж	-	-	120000
4	Мультициклони MC-8	38000	2	76000
Всього				2549600

Визначимо річні витрати на експлуатацію котельні міської лікарні.
Розрахунок виконаний з урахуванням цін і тарифів на листопад 2023 року.

Витрати на паливо, що споживається котельною:

$$S_{\Pi} = B_{\text{рік}} \cdot C_{\Pi} \text{ грн/рік,}$$

де C_{Π} – середня ціна за паливо (гранули з лущиння соняшника);

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

$$\Pi_{\Pi} = 5200 \text{ грн/т.}$$

$$B_{\text{рік}} - \text{річна витрата палива на два котла, } B_{\text{рік}} = 248,778 \text{ т/рік.}$$

$$S_{\Pi} = 6200 \cdot 248,778 = 1293646 \text{ грн/рік.}$$

Річні витрати на електроенергію:

$$S_E = E_{\text{рік}} \cdot \Pi_E \text{ грн/рік,}$$

де Π_E – вартість 1 кВт·год; $\Pi_E = 4,2335 \text{ грн/кВт·год}$ (тариф для не побутових споживачів).

$E_{\text{рік}}$ – кількість електроенергії, що споживається при експлуатації котельні за рік ;

$$E_{\text{рік}} = 4800 \text{ кВт·год/рік}$$

$$S_E = 4,2335 \cdot 4800 = 20321 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на воду при експлуатації котельні:

$$S_B = G_{\text{рік}}^B \cdot \Pi_B \text{ грн/рік,}$$

де Π_B – вартість 1 м³ води, грн./рік; $\Pi_B = 34,044 \text{ грн/м}^3$.

$G_{\text{рік}}^B$ – кількість води, що споживається за рік ; $G_{\text{рік}}^B = 139 \text{ м}^3/\text{рік.}$

$$S_B = 34,044 \cdot 139 = 4732 \text{ грн/рік.}$$

Річні амортизаційні відрахування:

$$S_{\text{ам}} = \frac{a_{\text{м}}^{\text{об}}}{100} \cdot K_{\text{об}} \text{ грн/рік,}$$

де $a_{\text{м}}^{\text{об}}$ – середня норма амортизації обладнання з монтажем, $a_{\text{м}}^{\text{об}} = 5\%$

$K_{\text{об}}$ – вартість обладнання з монтажем, грн.

$$K_{\text{об}} = 2473600 \text{ грн.}$$

$$S_{\text{ам}} = (5/100) \cdot 2473600 = 123680 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу котельні наведено в табл. 5.2.

Визначення загальних річних експлуатаційних витрат при експлуатації котельні наведено в табл. 5.3.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Таблиця 5.2 – Штатна чисельність та заробітна плата персоналу котельної

Посада, розряд, Кваліфікації	Кількість штатних одиниць	Заробітна плата	
		Одного працівника за місяць, грн	Загальна заробітна плата за рік, грн./рік
Майстер котельні	1	7200	86400
Машиніст (кочегар)	1	6700	80400
Слюсар з ремонту котельних агрегатів 5 розряд	0,5	3600	43200
Всього:	3	20850	210000
Нарахування єдиного соціального внеску на фонд заробітної плати, 22%	-	4587	46200
Всього витрат на заробітну плату та нарахування єдиного соціального внеску	-	25437	256200

Таблиця 5.3 – Основні річні економічні показники експлуатації котельні

Статті витрат	Розмір витрат грн/рік	Відсотковий розподіл витрат, %
Витрати на паливо, грн/рік	1293646	74,8
Витрати на електроенергію, грн/рік	20321	1,2
Витрати на воду, грн/рік	4732	0,3
Амортизаційні відрахування, грн/рік	123680	7,2
Витрати на заробітну плату з урахуванням єдиного соціального внеску, грн/рік	256200	14,8
Інші витрати, грн/рік	30000	1,7
Всього витрат за рік	1728579	100,00

Таким чином, капітальні інвестиції на реконструкцію котельні та перехід на автономну систему тепlopостачання міської лікарні складають 2549600 гривень. Вагальні витрати на експлуатацію котельні складають 1728579 грн на рік.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

5.2 Визначення економічної ефективності впровадженого заходу

З метою визначення річного економічного ефекту від переходу котельні на автономну систему теплопостачання з використанням двох пелетних котлів Marten MIT-700 P порівнюємо витрати на експлуатацію котельні з витратами, які б мала лікарня при централізованому теплопостачанні.

На опалення будівель міської лікарні витрачається 739,25 Гкал тепла. Тариф на опалювальний період 2023-2024 року становить для бюджетних організацій – 4 337, 75 грн за Гкал.

Витрати за опалювальний сезон будуть становити:

$$739,27 \cdot 4\,337,75 = 3206768 \text{ грн.}$$

Так як централізоване гаряче водопостачання вже не подавалося багато років, то в лікарні були встановлені в деяких душевих електричні бойлери. При цьому річна витрата електроенергії становила 48800 кВт·год.

Вартість електроенергії за рік буде дорівнювати:

$$58800 \cdot 4,2335 = 248871 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на обслуговування системи опалення (заробітна плата обслуговуючого персоналу та інші витрати): становлять у перерахунку на 2023 рік – 358112 грн/рік.

Загальні витрати лікарні на централізоване опалення та організацію гарячого водопостачання у вигляді електричних бойлерів становили б за рік:

$$3206768 + 248871 + 358112 = 3713751 \text{ грн.}$$

Визначаємо економічний результат при впровадженні автономної системи теплопостачання міської лікарні з встановленням двох пелетних котлів загальною потужністю 1,4 МВт:

$$P = 3713751 - 1728579 = 2085172 \text{ грн/рік.}$$

Приведені витрати на реалізацію зазначеного заходу визначаємо за формулою:

$$B = C + E_n \cdot K,$$

де C – річні експлуатаційні витрати;

K – капітальні вкладення;

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, приймаємо $E_n = 0,12$

$$B = 1728579 + 0,12 \cdot 2549600 = 2034531 \text{ грн.}$$

Чистий економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E = P - B.$$

$$E = 2085172 - 2034531 = 50641 \text{ грн.}$$

Розрахований чистий економічний ефект $E > 0$, отже впровадження автономної системи теплопостачання в міській лікарні є економічно доцільним.

Термін окупності капітальних вкладень буде дорівнювати:

$$T = K/(P-C) = 2549600/(2085172-1728579) = 7 \text{ років.}$$

Отже термін окупності капітальних вкладень на впровадження автономної системи теплопостачання міської лікарні № 5 з встановленням двох пелетних котлів Marten MIT-700 P загальною потужністю 1,4 МВт становить 7 років. Що також доводить економічну ефективність зазначених заходів. При цьому теплопостачання і гаряче водопостачання лікарні буде стабільним і значно ефективнішим порівняно з централізованим постачанням тепла.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Загальні вимоги з охорони праці при експлуатації котельні

Для обслуговування будинків, промислових і громадських будівель та інших споруд, що потребують опалення, встановлюють котельні – приміщення з окремим виходом, укомплектовані спеціальним обладнанням: котли, водонагрівачі, лічильники тиску та інші комплектуючі. Для обслуговування котельні необхідно навчити працівників відповідних правил безпеки під час експлуатації котельні та провести атестацію.

Весь обслуговуючий персонал повинен знати основи техніки безпеки під час роботи в котельні, яка використовує певне паливо. До основних правил розташування обладнання та його використання належать такі.

Усі працівники перед роботою повинні надіти спеціальну захисну форму, мати при собі рукавички, окуляри та спеціальне взуття. Кожен працівник повинен знати правила аварійної зупинки котла та інших агрегатів, вміти поводитися з вогнегасниками та іншими комплектуючими для пожежогасіння, знати основи надання першої медичної допомоги.

Обладнання, що використовує паливо, необхідно встановлювати на відстані не менше одного метра один від одного і від вогнищ тепла.

Вентиляційне та водопровідне обладнання (труби) повинні бути ізольовані за допомогою теплонепроникної оболонки, нагрівальні елементи в агрегатах повинні бути прикриті спеціальною решіткою для безпеки робітників.

При розпалюванні обладнання важливо стежити за показниками тиску та температури. Так, температура води при виході з котла не повинна перевищувати 115°C, у разі підвищення важливо зробити аварійну зупинку обладнання.

Для ефективної та безпечної роботи котельні необхідно встановлювати сучасну та потужну систему вентиляції, оснащену сучасною системою контролю безпеки, що необхідно для якісної роботи котельні.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

У разі правильного будівництва котельні, використання якісного обладнання та своєчасного навчання працівників, у процесі роботи не виникатимуть форс-мажорні обставини.

До самостійної роботи оператором котельні допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли при вступі на роботу попередній медичний огляд, а також:

- вступний інструктаж;
- інструктаж з пожежної безпеки;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- стажування на робочому місці
- перевірку знань.

Оператор котельні повинен проходити: повторний інструктаж з безпеки праці на робочому місці не рідше ніж через кожні три місяці; періодичний санітарний медичний огляд.

Оператор котельні повинен знати:

- вплив на людину небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають під час роботи;
- правила влаштування та безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів;
- правила техніки безпеки під час експлуатації теплоспоживаючих установок;
- вимоги виробничої санітарії, електробезпеки та пожежної безпеки;
- місце розташування аптечок;
- правила внутрішнього трудового розпорядку, встановлені на підприємстві;
- призначення засобів індивідуального захисту;
- правила та норми з охорони праці, техніки безпеки та промсанітарії;
- утримувати робочі місця у чистоті та порядку;
- вміти надавати долікарську допомогу постраждалим, користуватися засобами пожежогасіння, у разі виникнення пожежі викликати пожежну охорону.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

6.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Під час роботи на оператора котельні можуть впливати такі небезпечні фактори:

- підвищена температура нагрітих поверхонь котлів та трубопроводів пари та гарячої води;
- підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може статися через тіло людини.
- підвищена вібрація
- високий рівень шуму

Оператор котельні повинен користуватися такими засобами індивідуального захисту:

- комбінезон для захисту від загальних виробничих забруднень та механічних впливів;
- черевики юфтові на маслобензостійкій підшві;
- рукавички з полімерним покриттям;
- окуляри захисні закриті;
- навушники протишумні або біруші;
- куртка на підкладці, що утеплює;
- чоботи юфтеві утеплені на нафтоморозостійкій підшві.

З метою попередження пожеж оператор котельні повинен дотримуватися таких правил протипожежної безпеки:

- палити тільки у відведених та пристосованих для цього місцях;
- знати та вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння;
- перед закриттям приміщень переконатися, що умови до загоряння в них виключені (двері зачинені, електроприлади вимкнені, освітлення вимкнено, пожежна сигналізація включена);
- про всі несправності електроприладів негайно повідомити майстра з електроустаткування;
- не захарашувати проходи;
- не користуватися електронагрівальними приладами, необладнаними для цієї мети;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

183.6281м.03.КР

Арк.

85

- не користуватися тимчасовою або несправною проводкою.

6.3 Розрахунок штучного освітлення в приміщенні котельні

Розрахунок загального освітлення виробничого приміщення котельні, яке має розміри висота ($H = 4$ м), ширина ($B = 8$ м), довжина ($A = 15$ м). Висота виробничої поверхні $h_0 = 1$ м.

Розрахунок освітлення для газорозрядних ламп:

Тип світильника: ЛСП04 (рис.6.1)

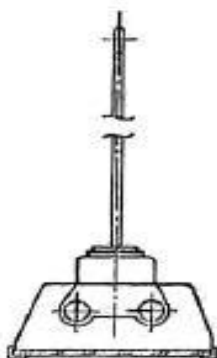


Рис. 6.1 – Світильник: ЛСП04

Відстань від стелі до робочої поверхні:

$$H_o = H - h_p = 7 - 1 = 6 \text{ м.}$$

Відстань від стелі до світильника:

$$h_c = (0.08 \dots 0.55) \cdot H_o = 0,55 \cdot 6 = 3,3 \text{ м}$$

Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = H_o - h_c = 6 - 3,3 = 2,7 \text{ м.}$$

Визначаємо висоту підвісу світильника над підлогою:

$$H_{\pi} = h_p + h = 2,7 + 1 = 3,7 \text{ м.}$$

Висота підвісу світильника залежить від висоти приміщення; від потужності лампи; типу світильника; системи освітлення; відповідно мінімальна висота над підлогою світильника загального освітлення з числом ламп до 4 – від 2,6 до 4 м; якщо h_p від 3,2 до 4,5 м, то кількість ламп світильника 4 та більше.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Відповідно в даному випадку можливе використання кількості ламп як до 4, так і більше.

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення необхідно користуватися відношенням $L < 2h$.

Обираємо паралельне розміщення світильників відповідно $L/h = 1.4 \dots 1.8$.

Обираємо $L/h = 1.5$, де L – відстань між центрами світильників.

Відстань між центрами світильників:

$$L = 1.5 \cdot h = 1.5 \cdot 2.7 = 4.05 \text{ м}$$

Знаходимо розрахункову кількість світильників:

$$N_p = S / L^2 = 7.32$$

Приймаємо 8 світильників.

Кількість рядів світильника:

$$n_{\text{ряд}} = B / L = 8 / 4.05 = 1.97 \approx 2 \text{ ряди}$$

Приймаємо два ряди, тобто одна відстань між рядами.

$$L_B = 1 \cdot L = 1 \cdot 4.05 = 4.05 \text{ м}$$

Отримане значення є меншим за значення B ($B = 8$ м), що задовільняє умови.

Кількість світильників в одному ряді:

$$n_B = N_p / n_{\text{ряд}} = 6.83 / 1.97 = 3.47$$

Отже, приймаємо 4 світильника, тобто 3 відстані між світильниками.

$$\text{Перевірка: } 3 \cdot L = 3 \cdot 4.05 = 12.15$$

Значення є меншим за значення A ($A = 15$ м).

Висновок: Розміщуємо світильники в два ряди по 4 штуки, тобто:

$$N_{\text{заг}} = 4 \cdot 2 = 8 \text{ шт.}$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{14 \cdot 8}{2.7 \cdot (14 + 8)} = 1.9$$

За табл. 26 [41] коефіцієнту відбиття стелі, стін та робочого приміщення

$$\rho_{\Pi} = 50\%, \rho_{\text{роб.прим}} = 10\%.$$

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

За табл. 23 [41] при $i=2,9$, отриманого коефіцієнту світильника ЛСП04, знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку: $\eta = 0,55$

Визначаємо світловий потік однієї лампи:

$$\Phi_{РАСЧ} = \frac{E_{MIN} \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{n_{ОБЩ} \cdot \eta \cdot m},$$

E_{min} – мінімальне освітлення, що нормується. Визначається характером зорової роботи та мінімальним розміром об'єкта відмінності.

Приймаємо темний фон та малу контрастність $E_{min}=200$ люксів.

K_3 – враховує експлуатаційне зниження освітлення у порівнянні з запроектованим, при забрудненні стелі, стін, світильників, а також зменшення світлового потоку у процесі її експлуатації. $K_3=1,8$.

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості дорівнює відношенню середньої освітленості до мінімальної: $Z = 1,1$.

m – загальна кількість ламп у світильнику ЛСП04 – 2.

$$\Phi_p = \frac{200 \cdot 112 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,55 \cdot 2} = 5040 \text{ лм.}$$

За знайденим світловим потоком та за табл. 17 [41] обираємо лампу – ЛХБ-80, з потужністю 80 Вт та $\Phi_p = 5040$ лм.

$$E_{ФАКТИЧНЕ} = E_{MIN} \cdot (\Phi_{ТАБЛ} / \Phi_{РАСЧ}) = 200 \cdot (5400 / 5400) = 200 \text{ лк.}$$

Загальна потужність $E_{ФАКТИЧНЕ}$, E_{MIN} повинно відрізнятись не більше 10–20%. Отримане значення відповідає вимогам.

Загальна потужність освітлювальної установки:

$$P_{ОБЩ} = P_{Л} \cdot N_{ОБЩ} \cdot m = 80 \cdot 8 \cdot 2 = 1280 \text{ Вт.}$$

6.4 Вимоги техніки безпеки при експлуатації твердопаливних котлів

Вимоги безпеки перед початком роботи

Надіти спецодяг і спецвзуття, привести його в порядок. Вона має бути справна, щільно застебнута і не сковувати рухи.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Перевірити справність технічного стану всіх пристроїв, відповідність їх нормальному положенню та дію світлової сигналізації.

Перед пуском котла перевірити:

- справність топки, запірних та регулюючих пристроїв
- справність КВП, арматури, поживних пристроїв
- заповнення котла водою до позначки низького рівня
- справність форсунок
- чи тримається рівень води в котлі і чи немає пропуску води в котлі через лючки, фланці та арматуру.

Вимоги безпеки під час роботи

При виконанні робіт оператор котельні повинен забезпечити дотримання вимог безпеки пов'язаних з виконанням роботи, що доручається.

Оператор котельні під час роботи повинен стежити:

- за утриманням робочого місця у чистоті;
- за нормальним освітленням;
- постійно стежити за справністю обладнання і не допускати роботу при знятих або несправних огороженнях, блокувальних пристроях, що забезпечують безпеку праці, не торкатися механізмів, що знаходяться в русі, а також до струмоведучих частин обладнання, що знаходяться під напругою;
- суворо дотримуватись встановленого режиму роботи котлів, особливу увагу звертати на підтримання нормального рівня води в котлі, встановленого робочого тиску пари, нормальну роботу пальників.

Роботи з навантаження, розвантаження та переміщення тяжкості слід проводити, як правило, механізованим способом за допомогою кранів, автотранспорту або засобів малої механізації.

Вантажно-розвантажувальні роботи повинні виконуватись під керівництвом майстра котельні. Шляхи переміщення вантажів слід утримувати в чистоті, захаращення та загрожування не допускається.

Перед включенням котла в роботу оператор повинен перевірити:

- справність дії запобіжних клапанів, водовказівних приладів, манометрів та поживних пристроїв;

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

- правильність показань основних показчиків рівня води;
- справність автоматики безпеки, сигналізаторів та апаратури автоматичного керування котлом.

Забороняється пуск у роботу котлів з несправною арматурою, живильними приладами, автоматикою безпеки та засобами протиаварійного захисту та сигналізації.

Час початку розпалювання та включення котла в роботу слід записувати у змінний журнал.

Під час роботи котла оператор котельні зобов'язаний:

- стежити за справністю котла і всього теплотехнічного обладнання котельні, суворо дотримуватись встановленого режиму роботи котлів, особливу увагу звертати на підтримання нормального рівня води в котлі, встановленого робочого тиску пари, температури живильної води в встановлених межах;
- перевіряти справність дії КВП, запобіжних клапанів та поживних пристроїв із записом результатів перевірки у змінному журналі.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

При помічених несправностях обладнання та інструменту, що застосовується, або створення аварійної обстановки при виконанні робіт оператор зобов'язаний:

- припинити роботу;
- попередити працюючих про небезпеку;
- поставити негайно керівника робіт та сприяти усуненню аварійної ситуації, а також їх розслідування з метою розробки протиаварійних заходів;
- проводити усунення невідкладних несправностей з дотриманням заходів безпеки, викладених в інструкції з охорони праці.

При ліквідації аварійної ситуації необхідно діяти відповідно до затвердженого плану ліквідації аварій.

При ліквідації займання необхідно використовувати первинні засоби пожежогасіння, організувати евакуацію людей.

При загорянні електрообладнання застосовувати лише вуглекислотні вогнегасники або порошкові.

					183.6281м.03.КР	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При отриманні травми працівником котельні надати медичну допомогу, повідомити безпосереднього керівника і діяти за його вказівками.

При зупинці котла необхідно: припинити подачу палива, відключити котел.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Упорядкувати робоче місце (очистити від бруду та пилу обладнання та інструмент, зібрати та винести у відведене місце сміття та відходи, зібрати та скласти у встановлене місце інструмент, пристосування та необроблені деталі).

Встановити огороження та знаки безпеки біля відкритих отворів, отворів та люків.

Вимкнути місцеве освітлення.

Зняти та прибрати спецодяг у шафу, вимити руки та обличчя з милом, прийняти душ.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного в кваліфікаційній роботі дослідження сформульовано наступні висновки.

1. Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії, враховуючи високу залежність країни від імпорتنих енергоносіїв, в першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. Основними складовими потенціалу є первинні агровідходи (солома, відходи виробництва кукурудзи на зерно і соняшника) та енергетичні культури, вирощування яких у промислових масштабах активно розвивається в країні останніми роками.

2. Автономні системи теплопостачання набувають все більшої популярності в силу підвищення цін на магістральний газ. Особливо, як показує розрахунок теплопостачання, системи централізованого теплопостачання дуже часто виявляються економічно неефективними. Основними перевагами автономних котелень, що працюють на твердому біопаливі є: економічність; низький рівень димових газів, гігієнічність, висока теплокалорійність; можливість автоматизації подачі палива до котла.

3. В результаті реконструкції котельні міської лікарні № 5 м. Миколаєва передбачається встановлення двох твердопаливних пелетних котлів Marten MIT-700P номінальною потужністю 700 кВт кожний (виробництво – м. Харків). Встановлена потужність котельні – 1,4 МВт. Котел Marten Industrial-T Pellet MIT-700P простий і надійний в експлуатації та обслуговуванні. Він є енергоефективним. Економне використання пелет дає суттєву економію на опаленні та знижує обсяги викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря. ККД становить 92 %, термін експлуатації не менше 20 років. В якості біопалива передбачається використання деревних гранул і гранул з лушпиння соняшника, які мають високу теплотворну здатність.

4. Виконано розрахунок викидів забруднюючих речовин при роботі двох пелетних котлів. Наведені значення валових викидів свідчать про те, що рівень забруднення атмосфери в результаті експлуатації котельні міської лікарні є

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

незначним і не робить негативного впливу на атмосферне повітря в районі своєї діяльності. Це підтверджує екологічну ефективність та переваги технології використання твердого біопалива в автономній системі теплопостачання.

5. Найбільше значення валових викидів припадає на тверді частинки (зола), які становлять 48,8 % від загального обсягу викидів забруднюючих речовин (без урахування вуглекислого газу). Тому для очищення димових газів, що виділяються при спалюванні твердого біопалива в котельні міської лікарні рекомендовано встановлення мультициклонів МС-8. Мультициклон або батарейний циклон на сьогоднішній день є найбільш поширеним пристроєм для ефективного уловлювання твердих частинок. Ефективність очищення димових газів становить 85-89%.

6. Виконано техніко-економічне обґрунтування ефективності технології використання твердого біопалива в автономній системі теплопостачання міської лікарні. Розрахований чистий економічний ефект становить 50,6 тис. грн за рік. Термін окупності капітальних вкладень – 7 років. Отже впровадження автономної системи теплопостачання в міській лікарні з встановленням двох пелетних котлів Marten MIT-700 P загальною потужністю 1,4 МВт є економічно доцільним. При цьому теплопостачання і гаряче водопостачання лікарні буде стабільним і значно енергоефективнішим порівняно з централізованим постачанням тепла.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абільтарова Е.Н., Корець М.С., Яшанов С.М. Основи охорони праці. Модуль 1: Правові та організаційні питання охорони праці, основи фізіології, гігієни праці та виробничої санітарії : навч.-метод. посібник. Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. 409 с.
2. Абракітов В. Е. Промислова безпека сучасних виробничих технологій : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ, 2014. 87 с.
3. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів. - Івано- Франківськ: Полум'я, 2000. 257с.
4. Біомаса як паливна сировина / Гелетука Г.Г., Жовмір М.М., Олійник Є.М., Радченко С.В. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/60379/11-GeletukhaNEW.pdf?sequence=1>.
5. Благодатний В.В. Розрахунок природоохоронних систем та апаратів / В.В.Благодатний, О.С.Рижков. Миколаїв: Торубари О.С. 2012. 68с.
6. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища: навч. посіб. Вид. 4-те, випр. і допов. Суми: Університетська книга, 2018. 315 с.
7. Внутрішній водопровід і каналізація. ДБН В. 2.5.64-2012. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2013. 113 с.
8. Вплив використання біомаси на зміну клімату. Біоенергетична асоціація України, Інститут газу НАН України, Держенергоефективності, Комісія з енергоефективності УСПП, Bioenergy Europe. 37 с.
9. Відновлювані джерела в Україні. KPMG, 2019. 20 с.
10. Гайденко О. Тверде біопаливо: технологічні вимоги, властивості компонентів та технологія виробництва. *Агробізнес сьогодні*. URL: <http://www.agro-business.com.ua/ideii-i-trendy/2424-tverde-biopalyvo-tekhnologichni-vymogy-vlastyvosti-komponentiv-ta-tekhnologiiia-vyrobnytstva.html>.
11. ГКД 34.02. 305-2002 Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. [Діючий з 01.07.2002]. Наказ від

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

- 14.06.2002 № 359. Київ: Науково-технологічний центр «Реактивелектрон» Національної академії наук України, 2002.
12. Гелету́ха Г.Г., Желе́зна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ № 7. URL: <http://www.uabio.org/activity/uabio-analytics/>
13. Гелету́ха Г.Г., Желе́зна Т.А., Олі́йник Є.М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013. Т.35, №35. С. 67-72.
14. Гелету́ха Г.Г., Желе́зна Т.А., Олі́йник Є.М., Гелету́ха А.І. Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013. Т. 35, № 6. С. 103-109.
15. Данчук І. Проект ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні». 2015. 157 с.
16. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні. [Чинні з 01.01.2015]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 49 с.
17. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинні з 01.09.2022]. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 27 с.
18. Деревні пелети – гроші з відходів. Брошура до «Проекту по виробництву альтернативного палива (деревних пеллет) та поширення обізнаності населення про переваги альтернативних видів палива». URL: <http://sgpinfo.org.ua/upload/brosh2.pdf>.
19. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 04.11.2023).
20. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.1996 № 173. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text>.
21. Екологічні аспекти теплопостачання в Україні. URL: <http://municipalenergy.org.ua/?p=4418>.
22. Економічні наслідки поступової відмови від використання вугілля в Україні до 2030 року / М. Пройс, О. В. Михайленко, І. Сабака, Б. Пробст; за заг. ред. П.Баума та О. Р.Алієвої. Київ: 7БЦ, 2021. 140 с.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

- 23.Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017, № 605-р. 73 с.
- 24.Законодавство України. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
25. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами, Донецьк: УНЦТЕ, 2004.
26. Інженерна екологія. Теорія і практика сталого розвитку: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. А. Баженов, В. М. Ісаєнко, Ю. М. Саталікін та ін.; за заг. ред. В. П. Бабака. Київ: Книжкове вид-во НАУ, 2006. 492 с.
27. Кучерява І.М., Сорокіна Н.Л. Відновлювана енергетика в світі та Україні на 2019 – початок 2020 р. *Гідроенергетика України*, 2020. № 1. С. 38–44.
- 28.Літвак О.А. Зелена енергетика як ключовий елемент низьковуглецевого розвитку: світові тенденції і перспективи для України. *Сучасна траєкторія розвитку науково-технічного прогресу в Україні та світі*: колективна монографія. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2021. С. 65–84.
29. Літвак О.А. Біоекономічний підхід у розвитку аграрного сектора економіки: теоретико–методичні та практичні аспекти / О.А. Літвак. – Миколаїв : МНАУ. 2015. 88 с.
- 30.Літвак О.А., Ляшенко Л.А. Особливості технологій виробництва біоетанолу з лігноцелюлозної біомаси. *Актуальні проблеми сучасної хімії* : матеріали IV Всеукраїнської конференції, 22 травня 2020 р. Миколаїв: Видавець Торубара В.В., 2020. С. 57–61.
- 31.Літвак С.М., Літвак О.А., Магась Н.І. Економіка природокористування та організація управління в екологічній діяльності. Частина перша : методичні вказівки. Миколаїв : НУК, 2020. 92 с.
- 32.Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу «Екологія енергетики» для студентів спеціальностей 144 «Теплоенергетика» усіх форм навчання / уклад.: Т.М. Пугачова, О.В. Круглякова. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 24 с.

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

33. Мультициклон Kalvis MC-8. URL: <https://kalvis.org.ua/ru/multiciklony/multiciklon-kalvis-ms-8/>
34. Муниципальна енергетика: шляхи підвищення ефективності. URL: http://esco.co.ua/journal/2011_6/art159.htm.
35. Основні вимоги з безпеки праці при експлуатації твердопаливних котлів. Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua/articles/osnovni-vymogy-z-bezpeky-praci-pry-ekspluatatsiyi-tverdopalyvnyh-kotliv>
36. Павлинов Ю.А. Рабочий проект. Раздел Том I .Общая пояснительная записка: Реконструкция котельной по пр. Октябрьскому, 336. Николаев. 2014 г. 24 с.
37. Паливні дерев'яні брикети як альтернатива іншим видам твердого палива. Портал Енергоресурс. URL: <http://energetyka.com.ua/biotoplivo/541-palyvni-derev-iani-brykety-iaak-alternatyva-inshym-vydam-tverdoho-palyva>.
38. Пелети з лущиння соняшника. ALB Group. URL: <https://albnn.com/production/articles/pelley-iz-luzgi-podsolnechnika>.
39. Пелетний котел 700 кВт Marten MIT-700P. URL: <https://marten.ltd/mit-700p.html>.
40. Пеньков І., Бондаренко А. Модульна котельня: розрахунок вартості і комплектація. AW-Therm. URL: <https://aw-therm.com.ua/alternativnoe-otoplenie-modulnymi-kotelnyimi>.
41. Переваги встановлення твердопаливних котлів для опалення та автономності будинку. URL: <https://ukrtermo.com/perevagi-vstanovlennya-tverdopalivnih-kotliv-dlya-opalennya-ta-avtonomnosti-budinku>.
42. Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні / Гелетуха Г.Г., Олійник Є., Антоненко В. та ін. URL: <http://enefcities.org.ua/upload/files/biomass%20to%20heat%20in%20Ukraine%202.pdf>.
43. Принцип роботи твердопаливного котла. URL: <https://teplovik.net/ua/articles/31>.
44. Природоохоронні технології. Ч 1. Захист атмосфери / В. Г. Петрук, Л. І. Северин, І. В. Васильківський, І. І. Безвозюк. Вінниця: УніверсумВінниця, 2010. 318 с.

					183.6281м.03.КР	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

45. Прогноз UABIO щодо розвитку біоенергетики в Україні у 2020-2050 роках. Біоенергетична асоціація UABIO. URL: <https://uabio.org/bioenergy-transition-in-ukraine/>.
46. Розвиток біоенергетики в Україні: бар'єри та перспективи. Міністерство аграрної політики та продовольства України, 07.02.2023. Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/rozvytok-bioenerhetyky-v-ukraini-bariery-ta-perspektyvy>.
47. Серіков Я.О. Основи охорони праці: навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти. Харків, ХНАМГ, 2007. 227с.
48. Снежкін Ю.Ф., Корінчук Д.М. Теплотехнічні характеристики твердих біопалив з торфу і біомаси як енергетичного ресурсу малої енергетики URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle>.
49. Створення та удосконалення водогрійних котлів /Плачкова С.Г., Плачков І.В., Бондаренко В.І. та ін. URL: <http://surl.li/npfgr>
50. Сучасні котельні. URL: <http://kotelni.com/statiy>.
51. Стратегія розвитку біоенергетики в Україні. UABIO. URL: <https://uabio.org/bioenergy-transition-in-ukraine/>.
52. Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об'єктів енергетики / В.О. Артемчук, Т.Р. Білан, І.В. Блінов та ін.; за ред. А.О. Запорожця, Т.Р. Білан Київ, 2017. 312 с.
53. Твердопаливні котли: переваги та недоліки. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/1657/>
54. Чехова І.В. Напрямки використання олійних культур в біоенергетичній галузі. URL: http://bulletin.imk.zp.ua/pdf/2014/21/Chekhova_21.pdf.
55. Agora Energiewende Energiewende 2030: The Big Picture. Megatrends, Targets, Strategies and a 10-Point Agenda for the Second Phase of Germany's Energy Transition. 2018. 82 p.
56. Bioenergy. International Energy Agency, 2023. URL: <https://www.iea.org/energy-system/renewables/bioenergy#tracking>

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

- 57.FAO. 2022. Global forest sector outlook 2050: Assessing future demand and sources of timber for a sustainable economy – Background paper for The State of the World's Forests 2022. FAO Forestry Working Paper, No. 31. Rome.
- 58.Fattouh B., Poudineh R, West R. The rise of renewables and energy transition: what adaptation strategy for oil companies and oil-exporting countries? Oxford Institute for Energy Studies. 2018. 25 p.
- 59.Forest Products in the Global Bioeconomy. Enabling substitution by wood-based products and contributing to the Sustainable Development Goals. Prepared by: Verkerk, P.J., Hassegawa, M., Van Brusselen, J., Cramm, M., Chen, X., Imparato Maximo, Y., Koç, M., Lovrić, M., Tekle Tegegne, Y. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS on behalf of the Advisory Committee on Sustainable Forest-based Industries (ACSFI) Rome, 2021.
- 60.Hansen E., Panwar R., Vlosky R.The Global Forest Sector: Changes, Practices, and Prospects. Taylor & Francis Group, 2014, NY, 462 p.
- 61.Litvak O., Litvak S. Some Aspects of Reducing Greenhouse Gas Emissions by Using Biofuels. *Journal of Ecological Engineering*, 2020. Vol. 21, iss. 8. P.198–206.
62. Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. International Energy Agency. 2021. 224 p.
- 63.Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Green growth and sustainable development. URL: <https://www.oecd.org/greengrowth/>.
- 64.Share of renewables in electricity production. Enerdata, 2023. URL: <https://yearbook.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>.
- 65.Smil V. Energy Transitions: Global and National Perspectives, Santa Barbara, CA: Praeger. 2016. 282 p.
- 66.United Nations Framework Convention on Climate Change. Rio de Janeiro: United Nations, 1992. 24 p.
- 67.United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/CP/2015/ L.9/ Rev.1 URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (Last accessed: 29.10.2023).

					183.6281М.03.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

Таблиця А.1 – Характеристика основних видів твердого біопалива виробленого з рослинної біомаси

Вид твердого біопалива	Переваги	Недоліки	Особливості використання
1	2	3	4
Пресована солома (прямокутні тюки та рулони)	1. Низька вартість сировини. 2. Відносно невелика вологість. 3. Непогана теплотворність. 4. Доступність. 5. Можливість механізованої подачі тюків соломи зі складу до котла.	1. Необхідність використання комплексу спеціальної техніки та механізмів при заготівлі. 2. Значні витрати на логістику та транспортування через низьку насипну щільність. 3. Невеликий економічно доцільний радіус поставок. 4. Вимагає спеціальної конструкції котельного обладнання через специфіку золи та вміст хлору.	1. Виключно місцеве біопаливо. Застосовується для вироблення теплової енергії в котлах, пристосованих для спалювання соломи, які розташовуються в безпосередній близькості від місця заготівлі (в середньому до 50 км). 2. Економічно вигідна сировина для виробництва покращеного біопалива: паливних пелет та брикетів.
Тріска енергетичних культур	1. Випробувані часом технології виробництва та спалювання. 2. Менші, в порівнянні з соломою, проблеми із заготівлею та логістикою: значно більший проміжок часу, коли можна збирати врожай, не потрібно залучати таку кількість техніки. 3. Можлива автоматизація процесу подачі палива в котел. 4. Низька зольність.	1. Висока вологість. 2. Невисока насипна щільність. 3. Здатність до абсорбції вологи та самозаймання.	Враховуючи невисоку насипну щільність розглядається як універсальне місцеве біопаливо для роботи котельних та ТЕЦ, розташованих біля плантацій енергетичних культур.

1	2	3	4
	5. Підходить для спалювання у практично любому твердопаливному котлі.		
Паливні брикети	1. Висока щільність у порівнянні з соломою та тріскою. 2. Низька вологість та відповідно висока теплотворна здатність. 3. Нижча вартість обладнання для виробництва брикетів та їх самих у порівнянні з пелетами. 4. Висока транспортабельність, в тому числі на далекі відстані. 4. Можна замінювати інші види твердого палива (вугілля, дрова) без відповідної модернізації котлів та печей (крім брикетів з агросировини).	1. Вища вартість ніж у соломи чи тріски. 2. Низька вологостійкість. 3. Відсутня можливість використання у автоматизованих системах подачі палива. 4. Загроза пошкодження при транспортуванні.	Універсальне паливо, особливо брикети з деревини, придатне до транспортування на значні відстані. Вигідна заміна традиційних видів палива: дров та вугілля в котлах періодичної дії. Гарний варіант для спалювання в котельнях, щодо яких відсутня пропозиція місцевого біопалива (соломи чи тріски) та існує брак коштів для побудови автономної системи на базі пелетного котла.
Паливні пелети	1. Висока теплотворна здатність. 2. Низька вологість. 3. Найкращі показники щільності та екологічності серед інших видів твердого палива. 4. Забезпечують повну автономність роботи котельної. 5. Завдяки сипучості, однорідності та пожежобезпечності якнайкраще підходять для транспортування та тривалого зберігання.	1. Висока вартість обладнання для виробництва та спалювання пелет. 2. Найдорожчий вид біопалива. 3. Потребує спеціальних місць зберігання оперативного запасу пелет.	Забезпечує високу ефективність та автономність роботи котельної. Широкий вибір постачальників пелет. Але потребує вкладення значних коштів в закупку обладнання та розбудову інфраструктури котельні.

Котельня з твердопаливними пелетними котлами



Рис. Б.1 – Встановлені пелетні котли Marten MIT-700P в котельні

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102



Рис. Б.2 – Котельня з димарями



Пелета з
деревини



Пелета з
лушпіння
соняшника

Рис. Б.3 – Зовнішній додатковий завантажувальний бункер

					183.6281м.03.КР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103