

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Оцінка технологій зниження викидів забруднюючих речовин до атмосфери від теплогенеруючих установок малої потужності

Завідувач кафедри Пляцук Л. Д. _____
(підпис)

Керівник проекту Рой І. О. _____
(підпис)

Консультанти:

з охорони праці Васькін Р. А. _____
(підпис)

з економічної частини Павленко О. О. _____
(підпис)

Виконавець

студент групи ТС.м-91 Рибка Є. І. _____
(підпис)

Суми 2020

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної екології
Спеціальність 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Рибка Євгеній Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Оцінка технологій зниження викидів забруднюючих речовин до атмосфери від теплогенеруючих установок малої потужності
затверджена наказом по університету від « 23 » листопада 2020 р. № 1810-III.
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи)) 15 грудня 2020 року.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) патенти, офіційні веб-портали, наукові публікації, нормативна документи, доповіді, тези конференцій, електронні ресурси.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) аналіз показників безпеки заміни газу твердим паливом в системах індивідуального опалення; порівняльний аналіз існуючих типів твердопаливних котлів, що використовуються сьогодні в індивідуальних системах опалення та зробити порівняння з урахуванням безпечності при використанні та вплив на навколишнє середовище; вплив факторів, що впливають на обсяги викидів при спалюванні твердого палива та їх фізико-хімічний складові; шляхи зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при використанні твердопаливного котла з наданням рекомендацій підвищення рівня екологічної безпеки при спалюванні твердого палива в системах індивідуального опалення.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних видів палива, різновиди та технічна класифікація твердопаливних котлів, головні складові, що визначають кількість викидів при спалюванні твердого палива в котлах, рекомендації, економічна складова при використанні системи з теплоаккумулятором.

6. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Васькін Р.О.		
Економічна частина	Павленко О.О		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за темою дослідження	20 вересня 2020 року	
2	Розділ 1	27 вересня 2020 року	
3	Розділ 2, 3	5 жовтня 2020 року	
4	Розділ 4, 5	20 листопада 2020 року	
5	Оформлення роботи згідно вимог	11 грудня 2020 року	

7. Дата видачі завдання 2 вересня 2020 року.

Студент _____

Керівник проекту _____

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку джерел посилання, який містить 39 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 75 сторінок, у тому числі 14 таблиць, 5 рисунків, список використаних джерел 5 сторінок.

Мета роботи полягає в оцінюванні технологій зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при використанні твердого палива в теплогенеруючих установках малої потужності, оптимізація процесу горіння, удосконаленні опалення та зменшення впливу на НПС.

Відповідно до зазначеної мети у роботі вирішені наступні *завдання*:

- провести аналіз показників безпеки заміни газу твердим паливом в системах індивідуального опалення;
- провести порівняльний аналіз існуючих типів твердопаливних котлів, що використовуються сьогодні в індивідуальних системах опалення та зробити порівняння з урахуванням безпечності при використанні та вплив на навколишнє середовище;
- дослідити вплив факторів, що впливають на обсяги викидів при спалюванні твердого палива та їх фізико-хімічний складові;
- запропонувати шляхи зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при використанні твердопаливного котла з наданням рекомендацій підвищення рівня екологічної безпеки при спалюванні твердого палива в системах індивідуального опалення.

Об'єктом дослідження є параметри, що впливають на обсяг викидів при спалюванні твердого палива та теплоаккумулятор, як удосконалення системи.

Предмет дослідження – технології та заходи спрямовані на зниження обсягів викидів забруднюючих речовин в навколишнє середовище від теплогенеруючих установок малої потужності.

Методи дослідження: аналітичний огляд літературних джерел, узагальнення і статистичний аналіз інформації, систематизація, аналіз літературних та інтернет-джерел, а також проведення економічних розрахунків

Ключові слова: ТВЕРДЕ ПАЛИВО, ТВЕРДОПАЛИВНИЙ КОТЕЛ, ВИКИДИ, АТМОСФЕРА СПАЛЮВАННЯ, ТВЕРДІ ЧАСТИНКИ, ОКСИДИ АЗОТУ, ДІОКСИД ВУГЛЕЦЮ, ТЕМПЕРАТУРА СПАЛЮВАННЯ, ВОЛОГІСТЬ ПАЛИВА, ККД, АТМОСФЕРА, ТЕПЛОАКУМУЛЯТОР.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 СКЛАД ВИКИДІВ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ.....	7
ПРИ СПАЛЮВАННІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА.....	7
1.1 Актуальність використання котлів для опалення приватних житлових масивів та вплив на екологічну ситуацію	7
1.2 Екологічні аспекти використання деревних паливних ресурсів.....	9
1.3 Склад викидів при спалюванні твердого палива в теплогенеруючих установках малої потужності.....	12
1.4 Статистика утворення органічних відходів та виробництво теплової енергії з біомаси в Україні.....	14
1.5 Законодавча складова при установленні та використанні систем індивідуального опалення.....	19
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВИМОГИ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ В СИСТЕМІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ	23
2.1 Різновиди та технічна класифікація твердопаливних котлів	23
2.2 Застосування автоматики для твердопаливних котлів	29
2.3 Види палива, які використовуються в системі індивідуального опалення ..	31
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ДО АТМОСФЕРИ ВІД ТЕЛОГЕНЕРУЮЧИХ УСТАНОВОК МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	37
3.1 Використання теплоакумулятора в системі індивідуального опалення	37
3.2 Екологічно-безпечні режими параметри роботи твердопаливних котлів	44
3.3 Оцінка зниження рівня забруднення атмосферного повітря при використанні теплоакумулятора	50
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА СКЛАДОВА ПРИ ВИКОРИСТАННІ УДОСКОНАЛЕННЯ З ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРОМ.....	53
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	70

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 19510252								
Вил.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Оцінка технологій зниження викидів забруднюючих речовин до атмосфери від теплогенеруючих установок малої потужності	Літ.	Аркуш	Аокушів
							4	75
						СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС.м-91		

ВСТУП

Актуальність теми. Перед суспільством на сучасному етапі розвитку все частіш зустрічається питання переходу на альтернативні види опалення та зменшення викидів при використанні теплогенеруючих установок малої потужності. Актуальність зумовлена зростанням ціни природного газу, так як з кожним роком відбувається підвищення тарифів за комунальні послуги. Цей фактор змушує населення переходити на інші види палива: деревина, вугілля, сміття, солома, біопаливо та інші. Попри все при переході на біологічні та рослинні види палива, присутній ризик зростання навантаження на навколишнє середовище та в більшій мірі на атмосферу так як викиди, які утворюються в процесі горіння палива, у своєму складі мають багато забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферне повітря.

Показник забруднюючих речовин безпосередньо залежить від ряду факторів: типу твердопаливного котлу та принципу його роботи; удосконалення системи опалення теплоаккумуляторами; вологості палива; температури згорання палива та інші фактори.

Мета та завдання дипломної роботи полягає в оцінюванні технологій зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при використанні твердого палива в теплогенеруючих установках малої потужності, а також оптимізації процесу горіння, удосконаленні системи опалення та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Відповідно до зазначеної мети у роботі поставлені та вирішені наступні завдання:

- провести аналіз показників безпеки заміни газу твердим паливом в системах індивідуального опалення;
- провести порівняльний аналіз існуючих типів твердопаливних котлів, що використовуються сьогодні в індивідуальних системах опалення та зробити

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

порівняння з урахуванням безпеки при використанні та вплив на навколишнє середовище;

- дослідити вплив факторів, що впливають на обсяги викидів при спалюванні твердого палива та їх фізико-хімічний складові;

- запропонувати шляхи зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при використанні твердопаливного котла з наданням рекомендацій підвищення рівня екологічної безпеки при спалюванні твердого палива в системах індивідуального опалення.

Об'єктом дослідження є параметри, що впливають на обсяг викидів при спалюванні твердого палива та теплоаккумулятор, як удосконалення системи.

Предмет дослідження – технології та заходи спрямовані на зниження обсягів викидів забруднюючих речовин в навколишнє середовище від теплогенеруючих установок малої потужності.

Методи дослідження: аналітичний огляд літературних джерел, узагальнення і статистичний аналіз інформації, систематизація, аналіз літературних та інтернет-джерел, а також проведення економічних розрахунків.

Апробація результатів роботи. Результати кваліфікаційної роботи доповідалася на таких конференціях:

VII Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві» (м. Суми, 2020 р.) «Аналіз ефективності методики прогнозування наслідків при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах.»

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510252	Арк
						6

РОЗДІЛ 1 СКЛАД ВИКИДІВ В АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА

Постійне вдосконалення системи управління та запровадження нових технологій та законів в сфері охорони довкілля потрібне для успішної реалізації екополітики України [1].

1.1 Актуальність використання котлів для опалення приватних житлових масивів та вплив на екологічну ситуацію

Якщо дивитися на ситуацію сьогодні, можна зробити висновок, що все більше користувачів переходить на інші види опалення, а саме на тверде паливо. Так з доступністю і дешевизною осоціюються деякі види альтернативного палива. Нестандартні види палива - це торф та відходи промисловості, лісового та сільського господарства такі як деревна тріска, солома, макуха, соснова кора тощо. Нестандартне опалення лідирує у дешевизні палива та впливі на навколишнє середовище. Використання дешевого палива має великі переваги.

Однак через те, що паливо має низьку теплотворну здатність, цей тип опалення тільки привертає увагу користувачів, оскільки метушня з величезними обсягами низькокалорійної «горючки» спричиняє додаткові витрати на зберігання та транспортування. З погляду альтернативних та економічних вигод та вплив на навколишнє середовище, дрова та опалення дровами займають одні з провідних позицій. Під впливом часу колишні радянські види палива, почали змінюватися і втрачати свою актуальність через ціну (природний газ), включаючи також вплив НПС на зміну викопному паливу приходить паливо, пріорітетне в плані вибору і альтернативи – деревина та дрова.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата	ТС 19510252				Арк
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Дров'яні агрегати давно не є єдиним видом опалення, а дрова - єдиним джерелом енергії. З появою вугілля, нафти та газу, тепло дров відійшло на другий план. Але це не втратило своєї актуальності. Сьогодні існує безліч різних конструкцій з використанням дров: каміни, печі, печі та котли. Опалення дровами є відносно недорогим, тому воно популярне серед населення. Дрова - одне з найдавніших видів палива, а коли йдеться про викопне паливо, дрова та деревина мають безсумнівні переваги: вони дешеві та, насамперед, відновлювані паливні ресурси. Останні особливості робить деревне паливо основним конкурентом газу та вугілля. Цей тип палива також підходить, оскільки він доступний, оскільки його легко збирати, а використання деревини є більш екологічним [2].

На стадії розробки цього типу обігрівачів питання використання дров та продуктів їх переробки є практично раціональним, економічним та технічним. У більшості випадках використання дров'яних обігрівачів підходить для невеликих житлових та нежитлового фонду (10-300 кв. м), котеджів та садових будиночків.

Інший варіант заміни природного газу - паливні гранули, пелети та брикети, які є формою стисненої сухої деревини та її продуктів. За допомогою цього ущільнення ви можете зібрати невелику кількість низькокалорійної паливної маси та збільшити питому теплотворну здатність. Пресування дає високоякісне сухе паливо. Матеріалом для його виготовлення може бути будь-яка подрібнена паливна маса, часто біологічного походження. Наприклад, деревина та тріска, солома, стебла кукурудзи, невеликі гілки дерев та чагарників тощо.

За визначенням опалення пелетне паливо відноситься до твердого. Але це відрізняє його від інших видів опалення на твердому паливі завдяки специфічній формі упаковки паливних гранул. Пелети можуть використовуватися як паливо лише в пелетних котлах. І навпаки - у пелетному пальнику пелетного котла ви можете використовувати лише пелети і нічого

Підп. і дата	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№покл.	<table border="1"> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Ви</td> <td>Арк</td> <td>№ докум.</td> <td>Підп.</td> <td>Дата</td> </tr> </table>						Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510252 Арк 8
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата												

іншого. Пелети самі по собі відносно дорогі (\$100-150/т), що заважає просуванню на споживчий ринок. Однак, гранульоване опалення, швидше за все, матиме перспективне майбутнє, на відміну від опалення на дровах, яке все ще є безцінним для лісових районів.

Пелета, як пресована форма розфасовки палива дуже зручна, що є практичною і для виробників, розподільчих мереж і, отже, для кінцевих споживачів. Гранульовані системи опалення прості у використанні та обслуговуванні, що для них представляє особливий інтерес. Переваг пелетного опалення набагато більше, ніж вони покривають високі витрати на паливо. Як результат, опалення пелетами, швидше за все, замінить опалення дровами, вугіллям та газом у майбутньому, особливо в побутовій моделі. На додаток до відповідних викидів палива спостерігалася менша частка забруднюючих речовин оптимальна для природного середовища [3].

1.2 Екологічні аспекти використання деревних паливних ресурсів

Деревина та деревне вугілля, брикет - це джерела більш екологічно чистої енергії ніж вугілля або мазут.

Порівняльна характеристика тепловіддачі деревини та брикетів в порівнянні з іншими видами палива наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Порівняльна характеристика тепловіддачі різних видів палива [4]

Вид палива	Теплотворна здатність, МДж / кг
дерево (тверда маса, волога)	11
дерево (тверда маса, суха)	13
буре вугілля	16
брикети з деревних відходів	18
чорне вугілля	20
природний газ	31

Підп. і дата	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№покл.
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510252

Арк

9

Спалювання 1 тонни деревного брикету дає таку ж кількість енергії, як спалення 1,6 тонни деревини, 480 м³ газу, 500 літрів дизельного палива або 600 літрів мазуту, так з екологічної точки зору кращим є використання брикет, виготовлених із деревних відходів, але більш вигідніше використовувати стандартну деревину з економічної точки зору.

Калорійність деревного брикету, порівнянно з вугіллям, становить 4300 - 4500 ккал / кг. Продукти згоряння вугілля мають значний вплив на забруднення повітря. Вміст сірки у вугільному шлаку в 30 разів перевищує брикетований попел і в 20 разів більше шлаку. При згорянні утворюється велика кількість шкідливої для людського організму речовини, у тому числі канцерогенів.

Викиди забруднюючих речовин при спалюванні різних видів палива наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Викиди ЗР в атмосферу при спалюванні різних видів палива [4].

Вид палива	Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без систем очищення, тонн на 1 тис. тонн нат. палива				
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	Тверді частинки (пил неорг.)	РАЗОМ
Природний газ	1,18	0,352	0,00	0,00	4,70
Древні брикети, пеллети	4,68	0,9	0,28	4,11	17,69
Деревина дров'яна	4,9	0,97	0,3	4,3	18,9
Тирса деревна	5,0	0,92	0,5	5,0	20,0
Древні відходи, обрізки	5,2	0,99	0,4	5,2	20,7
Швидкозростаюча деревина	4,8	0,95	0,0	8,4	22,7
Тріска, сучки, кора	5,6	1,14	0,8	13,4	31,3
Мазут	5,20	5,20	35,30	0,30	45,90
Брикет торф'яний	8,04	2,681	3,00	13,02	50,87
Кам'яне вугілля	9,58	6,356	9,20	65,32	147,66

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

З таблиці 1.2 видно, що деревне паливо (здебільшого деревні гранули та брикети), більш переважне, з точки зору забруднення атмосфери в порівнянні з мазутом та вугіллям, так як має майже «нульові» парникові гази, переважно діоксид вуглецю. Використання деревного палива як джерела енергії відповідає вимогам Кіотського протоколу щодо обмеження та зменшення викидів парникових газів.

Кількість викидів при спалюванні деревного палива залежить не тільки від його виду та складу, а також залежить від вологості та ефективності роботи котла. Тому ефективне використання деревного палива безпосередньо залежить від підготовки з урахуванням максимального видалення вологи. Більшості цих вимог відповідає деревне паливо у вигляді гранул та брикетів [4].

Дерев'яні гранули - це біопаливо, яке енергетично стабільним, без відходів та екологічно чисте. Використання пелетного палива в Європі визнано та підтримується міжнародним екологічним фондом (NEFCO, SIDA та ін.) Використання біопалива було зведено до пріоритетів країн.

Екологічні проблеми, як глобальні, так і місцеві, вирішуються за допомогою використання кубиків та гранул.

Найбільша глобальна проблема - зменшення парникового ефекту та ризику кислотних дощів за рахунок зменшення викидів діоксиду сірки.

Приватні споживачі також мають деякі екологічні переваги, використовуючи деревину та пелети. Деревину та гранули можна використовувати як паливо для камінів, печей та спеціальних котлів та забезпечувати плавне, тривале полум'я. При згорянні ймовірність збільшення концентрації сірки в повітрі та в приміщенні, на поверхні та в землі біля будинку значно зменшується. Низька корозійна сила димових газів, що утворюються під час згорання гранул, дозволяє конденсувати вологу димових газів і виділяє приховану теплоту випаровування, а також продовжує термін служби котельної системи.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата
------------	--------------	-------------	------------	-------------

									ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						11

При спалюванні деревини та деревних гранул утворюється невелика кількість (1-3%) відходів, що в подальшому можна використати як добрива. У них майже немає сірки, тому цей вид палива є екологічно чистим [5].

1.3 Склад викидів при спалюванні твердого палива в теплогенеруючих установках малої потужності

Будь який твердопаливний котел забезпечуючи приміщення теплом за допомогою згорання палива, але при цьому утворюються викиди в атмосферне повітря.

На сьогоднішній день сучасні котли оснащуються автоматичною подачею палива (включаючи побутові пристрої). Крім цього вони оснащені кращою системою регулюції процесу горіння, при порівнянні з котлами з ручною подачею палива. Для них зазвичай потрібне паливо стандартної і постійної якості. Якщо говорити про викиди, що викликані неповним згоранням, то вони є результатом:

1. Недостатнього змішування повітря горіння та палива в топковій камері.
2. Недостатньої кількості кисню при процесі горіння.
3. Занадто низькою температурою згорання палива, або ж коротким часом перебування і зависокою концентрацією.

Таким чином в результаті неповного згорання в котлах, в атмосферу потрапляють такі речовини: оксид вуглецю (СО), тверді частинки (ТЧ) і неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), а також поліхлоровані дібензопарадіоксиди і фурані (ПХДД/Ф).

Невелика частка аміаку може виділятися в процесі неповного згорання всіх азотовмісних видів твердого палива. Даний процес відбувається в тих випадках, коли згорання відбувається за дуже низькою температури. Прикладом є каміни,

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

					ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		12

котли старої конструкції, печі.

Як правило викиди можна скоротити за допомогою основних заходів, що спрямовані на підвищення ефективності котельної установки та скорочення продуктів при неповному згорянні.

Отже, впливає таке поняття як загальна кількість зважених часток – це тверді частинки в газі, що утворюються в результаті спалювання біомаси та твердих видів мінерального палива. Іншими словами можна сказати, що це вуглець, тверді частинки з димоходу, дим, сажа.

Дані речовини можна поділити на три групи продуктів спалювання палива:

Речовини утворені при неповному згорянні палива за допомогою газоподібної фази спалювання або піролізу (продукти неповного згорання (ПНЗ)) відносять до першої групи, а саме:

- органічні частинки вуглецю та сажа утворені в процесі спалювання палива та з газоподібних вихідних речовин;
- деякі мінеральні сполуки у вигляді каталітичних сполук та CO;
- смоли та важкі частки ароматичних сполук, що утворені внаслідок неповного згорання біомаси або вугілля, а також продуктів видалення летючих речовин та піролізу та вторинних і азотних і сірчанних сполук.

В деяких випадках, конденсовані важкі вуглеводні та смолисті речовини є основним джерелом викидів шкідливих частинок з теплогенеруючих установок спалювання твердого палива. Це каміни, печі та котли з старими конструкціями.

Друга та третя групи можуть містити частинки золи або ценосфер, що переважно утворені з мінеральних речовин у паливі. В свою чергу вони містять оксиди і солі (S, Cl) металів Ca, Mg, Si, Fe, K, Na, P, важких металів і незгорілий вуглець.

Можна побачити, що деревне паливо (пелети і брикети) мають більш позитивний вплив з точки зору забруднення атмосфери, у порівнянні з мазутом (тим більше з вугіллям), так як при спалюванні маємо мінімальний ефект та

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			13

викиди парникових газів та перш за все CO₂.

Також можна сказати, що утворення викидів та твердих частинок з твердопаливних котлів багато в чому залежать від умов спалювання. Оптимізація процесу горіння палива та встановленого обладнання для безперервно регульованих умов в топці (автоподача палива, розподіл повітря горіння) призводить до мінімізації викидів зважених часток і до зміни розподілу твердих частинок, так як бачимо, що котли можуть мати різний склад та кількість викидів твердих частинок [6].

1.4 Статистика утворення органічних відходів та виробництво теплової енергії з біомаси в Україні

Виробництво теплової енергії для забезпечення потреб населення України здійснюється системами централізованого тепlopостачання, що охоплюють близько 60% споживачів, і системами індивідуального тепlopостачання.

Потреби споживачів у тепловій енергії забезпечують близько 35 великих ТЕЦ (частка у теплозабезпеченні – 18%), близько 200 промислових установок (21%) та понад 100 тис. котлів (до 60%), а також поквартирні генератори, джерела вторинних енергоресурсів, нетрадиційні та відновлювані джерела теплової енергії. Устаткування на більшості ТЕЦ є технічно застарілим та не відповідає сучасним екологічним стандартам і нормативам, а також потребує модернізації та реконструкції. Більшість систем опалення – це дрібні промислові чи опалювальні автономні котельні. Що стосується палива, то основним ресурсом для котелень та котлів малої потужності є природний газ – 52-58% (мазут – 12-15%, вугілля – 27-36%).

Міністерство будівництва та житлово-комунального господарства України наголошує, що число котелень на кінець 2019 року склала 35627 од. а саме:

потужністю: до 3 Гкал/год – 30106 од.; від 3 до 20 Гкал/год – 3512 од.; від 20 до 100 Гкал/год – 635 од.; більше 100 Гкал/год – 193 од.

Інв.№поділ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	------------	--------------

					ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		14

Робота на твердому паливі в 9791 од., на рідкому паливі – 333 од., газоподібному паливі – 24564 од.

Аналізуючи ситуацію в Україні, вона має всі умови для глобального розширення використання біомаси в цілях утворення та використання енергії. Однією ознакою цього є значний потенціал біомаси, який придатний для виробництва енергії. Найбільша частка потенціалу припадає на відходи сільського господарства та біомаса енергетичних культур. В залежності від основних сільськогосподарських культур та від їх врожайності економічно доцільний потенціал коливається в межах 25-35 млн. т у.п./рік, що складає 13-18% споживання первинних видів палива в Україні. Більш детально питання потенціалу біомаси розглянуто в аналітичній записці БАУ № 1 [7].

Протягом останніх років із потенціалу біомаси, що використовують для виробництва енергії в Україні найбільш активно використовується деревина та різного роду біомаса, солома та лушпиння соняшника. Згідно енергетичного балансу України за останні роки, підготовленого Державною службою статистики України [7], частка ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні становить 3,62%, в тому числі біомаса – 2,28%, що складає 63% від усіх ВДЕ або 1,61 млн. т н.е. У порівнянні з 2016-2018 роками спостерігається істотний приріст відсотку біомаси до загального постачання первинної енергії – на 24%, з 1,52 до 1,88 млн. т н.е./рік. Стосовно наступних років прогнозується ще більший ріст використання ВДЕ, що спричинене необхідністю часткового заміщення природного газу альтернативними видами палива та впровадженням технологій та заходів, що прискорюють цей процес.

Національним планом дій з відновлюваної енергетики встановлено головною метою з розвитку сектору біомаси та ВДЕ в Україні - внесок ВДЕ до валового кінцевого енергоспоживання має досягти 11% у 2020 р. Біомаса є ваговою складовою ВДЕ й згідно Нацплану дій основний її внесок передбачений в секторі опалення/охолодження – 5000 тис. т н.е./рік у 2021-22 р., що становитиме 85% внеску всіх відновлюваних джерел енергії, табл. 1.3 [7].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510252	Арк 15
----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

Крім того, протягом років заплановано встановлення 950 МВт енергообладнання на біомасі та використання 390 тис. т н.е./рік біопалив (біоетанолу та біодизелю) на транспорті.

Таблиця 1.3 – Розвиток національної індикативної цілі ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні поетапно з 2009 по 2020 р. та розрахункові траєкторії її досягнення [7].

Показники	2009	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ВДЕ: виробництво теплової енергії, %,	3,4	5,7	6,7	7,7	8,9	10,0	11,2	12,4
- у т.ч. біомаса, тис. т н.е.	1433	2280	2700	3100	3580	4050	4525	5000 (85%*)
ВДЕ: виробництво е/е, %,	7,1	7,6	8,3	8,8	9,7	10,4	10,9	11,0
- у т.ч. біомаса, МВт _е :	0	40	250	380	520	650	780	950
тверда		28	175	260	360	455	540	660 (12%*)
біогаз		12	75	120	160	195	240	290 (5%*)
ВДЕ: транспорт, %,	1,5	4,1	5,0	6,5	7,5	8,2	9,0	10,0
- у т.ч. біопалива (біоетанол, біодизель), тис. т н.е.	0	110	150	220	265	300	340	390 (77%*)
Загальна частка ВДЕ у ВКЕ, %	3,8	5,9	6,7	7,4	8,3	9,1	10,1	11,0

Таким чином для виконання даної цілі в Україні є гарний потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії – більше 27 млн. т у.п./рік за оцінками останніх років, наведено у табл. 1.4. Основними джерелами біомаси та складовими потенціалу виступають первинні відходи сільського господарства такі як солома, відходи виробництва кукурудзи, пшениці та соняшника) та енергетичні культури, вирощування яких промислово та масштабно активно розвивається в країні останніми роками.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

ТС 19510252

Арк

16

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Таблиця 1.4 – Енергетичний потенціал біомаси в Україні (усереднені дані за останні роки)

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн. т	Частка, доступна для отримання енергії, %	Економічний потенціал, млн. т у.п.
Солома зернових культур	30,6	30	4,54
Солома ріпаку	4,2	40	0,84
Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	40,2	40	4,39
Відходи виробництва соняшника (стебла, корзинки)	20,9	40	1,72
Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)	6,8	63	0,69
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки)	4,6	96	1,97
Біодизель (з ріпаку)	-	-	0,47
Біоетанол (з кукурудзи й цукрового буряка)	-	-	0,99
Біогаз з відходів та побічної продукції АПК	1,6 млрд. м ³ метану (CH ₄)	50	0,97
Біогаз з полігонів ТПВ	0,6 млрд. м ³ CH ₄	34	0,26
Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних)	1,0 млрд. м ³ CH ₄	23	0,27
Енергетичні культури:			
- верба, тополя, міскантус	11,5	90	6,28
- кукурудза (на біогаз)	3,3 млрд. м ³ CH ₄	90	3,68
Торф	-	-	0,40
Всього	-	-	27,47

Наразі на енергетичні потреби в Україні використовується лише близько 10% загального потенціалу біомаси – 2,7 млн. т у.п./рік, табл. 1.5. Головним чином це деревна біомаса у вигляді дров, тріски, гранул/брикетів (загалом 86% всього річного обсягу використання біомаси), та лушпиння соняшника (8%). Найменш активно застосовуються рослинні відходи – 94 тис. т соломи на рік.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Таблиця 1.5 - Використання біомаси для виробництва енергії в Україні
(усереднені дані за останні роки)

Вид біомаси / біопалива	Річний обсяг споживання*		Частка в річному обсязі споживання	Частка використання економічного потенціалу
	натуральні одиниці	тис. т у.п.		
Солома зернових культур та ріпаку	94 тис. т	48	1,8%	0,9%
Дрова (населення)	5,0 млн. м ³	1200	45,1%	>90%
Деревна біомаса (крім споживання населенням)	3,2 млн. т	1089	40,9%	
Лущиння соняшнику	380 тис. т	208	7,8%	41%
Біоетанол	65 тис. т	60	2,3%	6,1%
Біодизель	18 тис. т	23	0,9%	4,8%
Біогаз з відходів с/г	22,3 млн. м ³	14	0,5%	4,4%
Біогаз з полігонів ТПВ	31,2 млн. м ³	21	0,8%	8,1%
Всього		2662**	100%	

Сьогодні в Україні існує понад 4000 сучасних котлів на деревині, де більше 100 соломі та близько 70 соняшниковій оболонці. Крім того, населення використовує десятки тисяч печей та побутових котлів на дровах та деревних гранулах.

Одним з важливих питань є забезпечення необхідним обсягом палива всіх запланованих до впровадження біоенергетичних установок. За даними в [7] можна помітити, що для досягнення поставлених цілей найближчими роками потрібне широке залучення відходів сільського господарства (соломи, стебел кукурудзи/соняшника) та енергетичних культур до паливно-енергетичного балансу країни.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

1.5 Законодавча складова при встановленні та використанні систем індивідуального опалення

При встановленні та експлуатації котлів екологічне нормування та стандартизацію проводять для встановлення комплексу обов'язкових норм, правил, вимог задля охорони атмосферного повітря від шкідливого впливу фізичних і біологічних факторів та забезпечення екологічної безпеки, а також запобігання забруднення в цілому.

Державні стандарти у галузі охорони атмосферного повітря визначають поняття та вимоги та є обов'язковими для використання та захисту повітря, методів визначення погодних умов та інших необхідних вимог для запобігання шкідливого впливу на повітря.

Стандарти розробляються та впроваджуються Міністерством екології та природних ресурсів України та Міністерством охорони здоров'я України відповідно до порядку, встановленого українським законодавством.

Що стосується стандартів охорони атмосферного повітря [8]:

- гранично допустимі викиди від стаціонарних джерел в атмосферу та шкідливий вплив фізичних та біологічних факторів;
- екологічна безпека атмосферного повітря;
- обмеження норм утворення забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу під час експлуатації обладнання, конструкцій та технологічних та інших об'єктів.
- використання атмосферного повітря як сировини для основних виробничих цілей;
- вміст забруднюючих речовин у вихлопних газах з мобільних джерел та шкідливий вплив фізичних факторів.

Українське законодавство може встановлювати інші стандарти та нормативи у галузі охорони атмосферного повітря.

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			19

При оцінці стану повітря для території України встановлюються єдині стандарти екологічної безпеки, а саме:

- гранично допустима концентрація забруднюючих речовин у повітрі для людини та навколишнього середовища;
- акустичний, електромагнітний, іонізуючий та максимально шкідливий фізичний та біологічний вплив на атмосферу для людини та навколишнього середовища.

За необхідності повинні бути встановлені більш жорсткі норми гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин та інших шкідливих впливів на атмосферу для лікувально-оздоровчих курортів, рекреаційних та інших зон.

Норми екологічної безпеки атмосферного повітря розроблені та впроваджені Міністерством охорони здоров'я України та Міністерством екології та природних ресурсів України.

Для кожного стаціонарного джерела викидів або іншого шкідливого фізичного та біологічного впливу на атмосферу встановлюються норми гранично допустимих шкідливих викидів в атмосферу та їх впливу. Це максимально допустима небезпека фізичних та біологічних факторів для кожного забруднювача та фактору фізичного викиду.

Проекти стандартів гранично допустимих викидів від стаціонарних джерел в атмосферу були розроблені компаніями, установами та організаціями та затверджені Міністерством екології та природних ресурсів України та Міністерством охорони здоров'я України. Деякі з цих програм узгоджені з органами місцевого самоврядування та органами місцевого самоврядування [9].

Для різних технологічних процесів, обладнання, технології та інших, конструкцій та об'єктів, залежно від часу розробки та введення в експлуатацію технології та обладнання, визначається наявність науково-технічного розвитку, економічна придатність:

- стандарти найвищих рівнів забруднення певного обладнання, технологій та іншого обладнання;

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510252	Арк
						20

- вимоги до здійснення технологічних процесів з урахуванням впливу на забруднення;

- правила використання сировини та утворення відходів.

Ці стандарти розробляються компаніями, установами та організаціями та затверджуються Міністерством екології та природних ресурсів України.

Для забезпечення охорони атмосферного повітря впроваджують заходи організаційного та економічного типу, що передбачають [10]:

- обмежити лімітом викиди забруднюючих речовин в атмосферу та інші шкідливі наслідки в ній;

- встановити граничні значення для використання повітря як сировини для основних виробничих цілей;

- встановити стандарти оплати та розміри викидів в атмосферу та інших шкідливих наслідків;

- встановити норми встановлення тарифів на викиди газів, що перевищують обмеження, інші шкідливі наслідки та дозволи на атмосферне повітря;

- надання податків, кредитів та інших переваг для компаній, установ, організацій та громадян при впровадженні технологій з низьким рівнем відходів, без відходів, енергозбереження та економії ресурсів, а також інших законодавчих екологічних заходів [10].

Що стосується котелень, призначених для роботи на твердому паливі (вугіллі, торфі, сланці, біопаливі), обов'язково повинні бути обладнані установками для очищення димових газів від твердих часток (золи) у випадках, коли добуток:

$$A_r \times B \geq 5000, \quad (1.1)$$

де A_r – вміст золи на робочу масу палива, %; B – максимальна годинна витрата палива, кг.

Інв.№поذل.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510252	Арк 21
----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

При використанні твердого палива, як аварійного, не встановлюються зольники.

Вибір обладнання для очищення вихлопних газів від шкідливих викидів залежить від необхідного рівня очищення. Об'єм газу береться за робочу температуру. Можливості та методи зменшення шкідливих викидів визначаються виходячи з технічних та економічних причин.

Також, якщо говорити про законодавчу складову при установленні та використанні систем індивідуального опалення та дозволи, можна надати таку інформацію:

1. Для котлів для опалення потужністю до 100 кВт ніякої дозвільної документації не потрібно, окрім повної технічної документації на котел (техпаспорт, інструкція). Якщо потрібна необхідність в реєструванні та оформленні котла, потрібно оформлювати не як котельня, а як топкова для опалення вашої житлової площі. Що ж стосується сертифікації таких котлів, то за Держспоживстандартом України; Наказ від 22.09.2010 № 425 ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА СПОЖИВЧОЇ ПОЛІТИКИ Н А К А З 22.09.2010 N 425 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 жовтня 2010 р.

Цитую: « за N 880/18175 Про внесення змін до Переліку продукції, що не підлягає обов'язковій сертифікації в Україні **** 1.10. У розділі 19 "Побутова апаратура, що працює на твердому, рідкому та газоподібному паливі" пункт 19.1 "Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю до 100 кВт", пункт 19.2. "Апарати комбіновані побутові, що працюють на твердому паливі; опалювальні газові з водяним контуром; водонагрівальні проточні газові побутові", пункт 19.3 "Плити газові побутові, плити і тагани газові портативні туристичні, плити комбіновані газоелектричні" виключити.» [11].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата
------------	--------------	-------------	------------	-------------

					ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		22

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВИМОГИ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ В СИСТЕМІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1 Різновиди та технічна класифікація твердопаливних котлів

На сьогоднішній день на ринку існує багато котлів на твердому паливі для забезпечення необхідного тепла та температури у вашому домі. Одним з варіантів є тверде паливо та відповідний твердопаливний котел. Технології та агрегати постійномодернізуються, саме тому твердопаливні котли останнього покоління, що працюють з ККД понад 85%, ефективно сприяють економії палива. Якщо говорити про сучасні котли, вони можуть використовувати паливо з бункера і бути стабільно працюючі, як і газові [12].

Твердопаливні котли - відмінна альтернатива газовим або електричним системам опалення. Завдяки використанню різних видів твердого палива, вони є універсальними паливними агрегатами. Щоб вибрати твердопаливний котел, потрібно знати різні різновиди, а також їх переваги та недоліки.

Види твердопаливних котлів:

1. Піролізні котли;
2. Котли тривалого горіння;
3. Пелетні котли;
4. Теплоаккумулятори, як модернізація системи опалювання.

У ціновій політиці це традиційний котел на твердому паливі. Такі установки працюють та обігрівають житлове приміщення різними видами палива: дрова, торф та вугілля. Паливо згорає в камері для згорання і нагріває теплоносій. Чавун і сталь - основні матеріали для виготовлення, доступні як ручні, так і автоматичні котли. Існує також версія з варильною поверхнею. Основним недоліком таких котлів є необхідність частого заправлення та низька

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

енергоефективність, 3-4 години роботи на дровах, 5-6 годин на вугіллі, максимальна ефективність 75-80%.

2.1.1 Піролізні котли

Піролізні котли, також відомі як газогенератори, відрізняються конструктивними особливостями та процесом згоряння палива. Згоряння палива відбувається в двох камерах: перша, яка спалює деревину, яке під час піролізу виділяє газ, який піднімається у верхній камері і догорає там. Цей спосіб згоряння вимагає нестачі кисню при високих температурах. У цьому випадку паливо розкладається на залишковий деревний газ і твердих залишок. Коли піролізний газ змішується з киснем, починається тривалий процес горіння. Це збільшує термін служби котла в кілька разів і дозволяє автоматизувати ручне управління процесом. Час горіння дров при одній закладці становить від 6 до 18 годин, а ефективність до 92%. Схема піролізного котла наведена на рисунку 2.1.

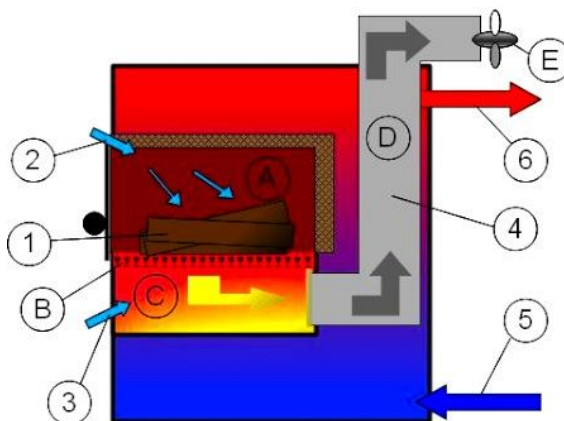


Рисунок 2.1 – Піролізний котел: 1 – пальне, 2 – первинне повітря, 3 – вторинне повітря, 4 – йдуть газу; 5, 6 – вхід і вихід води, А – камера газифікації, В – колосник, С – камера допалювання, D – газохід, E – димосос [13].

- утворення теплової енергії з однієї закладки палива триває порядку 6-18 годин;

Підп. і дата	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

- мала кількість відходів внаслідок практично повного згоряння дров, очищення зольника в нижній камері і каналів димоходу потрібно рідко;
- модернізується в практично будь-яку систему опалення, не вимагаючи якихось серйозних її змін, а також використання в процесі не колотих полін;
- екологічність при використанні, що досягається спалювання більшої кількості шкідливих речовин в нижній камері, завдяки чому вони не викидаються в атмосферу і не забруднюють навколишнє середовище.

Переваги котлів цього типу:

- ефективність з ККД до 92% та економічність досягнута за два етапи спалювання палива.
- утворення теплоенергії з закладки палива становить від 6 до 18 годин.
- невелика кількість відходів, оскільки відбувається повне випалювання дров, очищення зольника в нижній камері і каналів димоходу потрібно рідко.
- може бути модернізований майже під будь-яку систему опалення без кардинальних змін, включаючи використання не колотих колод.
- екологічна прийнятність використання досягається спалюванням більшої кількості шкідливих речовин у нижній камері, вони залишаються там та не потрапляють в атмосферу та не забруднювала навколишнє середовище.

Недоліки даного виду котлів:

- для роботи димососа виникає потреба в електроенергії;
- порівняно зі звичайними опалювальними котлами дані котли коштують приблизно в 2 рази більше;
- дрова повинні мати показник вологи не вище 30-35 %, тобто бути сухими;
- у процесі горіння вимагає високого навантаження, при зниженні нижче 50% стабільність порушується, йде накопичення дьогтю в димовому каналі.

Вплив на навколишнє природне середовище дані котли мінімізують та майже не забруднюють в процесі роботи атмосферу шкідливими відходами.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			25

2.1.2 Твердопаливні котли тривалого горіння

Твердопаливні котли тривалого горіння є лідерами сучасних систем опалення. Головною перевагою таких котлів є верхній процес згоряння. У камеру згоряння додається паливо, зверху подається повітря і запалюється. Паливо починає спалюватися, тим самим форсунка рухається зверху вниз, поступово запалюючи кожен шар палива. В результаті горіння займає набагато більше часу і паливо повністю згорає. Система автоматизована, що спрощує роботу цього пристрою. Робота з дровами зростає до 12 - 36 годин, а вугіллям - з 2 - 3 днів [14].

Існує два типи твердопаливних котлів тривалого горіння: ті, в яких застосовуються лише дрова, універсальні - працюють на дровах, вугіллі, пелетах, торфі.

Тобто паливом для твердопаливних котлів можуть бути не лише традиційні дрова і вугілля, але також торф, якщо він є у вашій місцевості та відносно нове технологічне паливо - брикети та пелети.

Дров'яний котел тривалого горіння повністю незалежний, оскільки не вимагає підключення електрики. Вони оснащені біметалічними регуляторами тяги, регулюючими доступ повітря до камери згоряння або температуру води, які діють на здатність розширювати спеціальну речовину і стискатися під температурою, коли заслінка закрита або відкрита. До автономних дров'яних котлів можна додати автоматику і вентилятор надуву.

У той же час більшість інших універсальних котлів були оснащені вентилятором підсилювача і регулятором, який потребує підключення до джерела живлення, але робить його більш придатним для використання.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

В якості палива для цього виду опалювального обладнання найчастіше використовують антрацит, вугілля або буре вугілля, брикетне вугілля та дрова. Все залежить від того, де ви живете та що вигідніше вам.

До переваг даних котлів можна віднести:

- тривалий час роботи без подавання палива та контролю за ним (до 1,5 доби);
- мінімальні викиди CO₂ та інших ЗР в атмосферу;
- ККД роботи котла до 90%, що дає високу ефективність при економному витрачанні палива [15].

Схема твердопаливного котла тривалого горіння наведена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Класична схема твердопаливного котлу тривалого горіння

2.1.3 Пелетні котли

При виборі твердопаливного котла, слід придати увазі різновид палива, який буде використовуватися. Сучасні моделі можуть використовувати різні типи енергії. Це можуть бути звичайні дрова, тріска або тирса, торф'яні кубики

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подр.	

або вугілля різних видів і якостей. Особливо високоефективно та екологічно чисто котел буде працювати на гранулах, пелетах [16].

Система такого котла містить наступні конструктивні елементи: бункер, автотранспортер і пальник. Гранули, або пелети подаються до пальника автотранспортером, потім запалюються і котел починає працювати автоматично. Від обсягу лійки залежить тривалість робочого часу, який може бути кілька місяців. Так довго без технічного обслуговування не може працювати жоден твердопаливний котел. Процес горіння в таких котлах відбувається під впливом високого тиску. Повітря форсоване в таких котлах, тому гранули повністю згорають. Завдяки використанню шнекової передачі, гранули поступово потрапляють в барабан, тим самим котел вимкнеться, як тільки подача палива припиняється. Пелетні котли відрізняються залежно від типу пальника. Обладнання пальника бувають ретортними і факельними. Обидва типи пальників є автоматичними та забезпечують надійну та безвідмовну роботу. Схема пелетного котла наведена на рисунку 2.3.

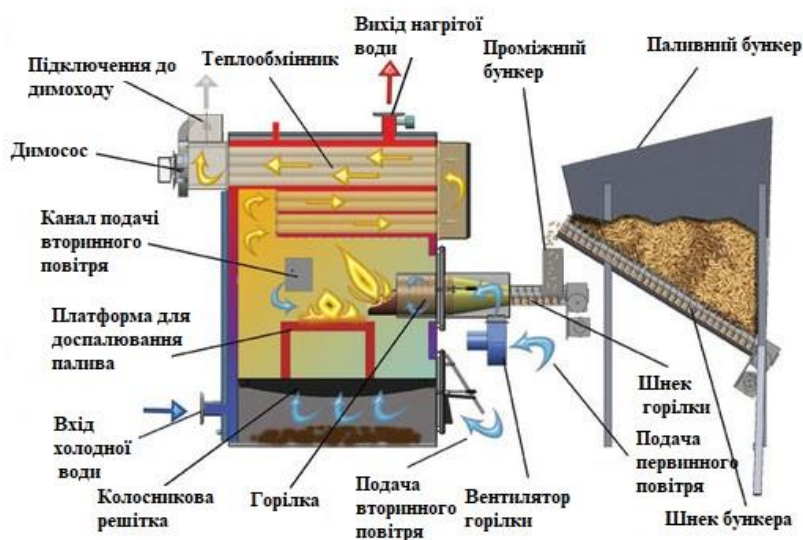


Рисунок 2.3 – Схема пелетного котлу

До переваг пелетних котлів можна віднести:

- високий рівень тепловіддачі (ККД до 92%);

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510252	Арк
						28

- екологічність (мінімум шкідливих речовин викидається в атмосферу);
- високий ступінь автоматизації;
- тривалий час горіння енергоносія;
- можливість модернізації [17].

До недоліків можна віднести:

- складна конструкція, що потребує багато місця;
- вартість даного виду котлів найдорожча на ринку;
- потрібно спеціальне паливо (пелети, брикети)

Також з точки зору впливу на навколишнє середовище, можна сказати, що за екологічну безпеку навколишнього середовища відповідає особлива конструкція котлів, яка не дозволяє вигорання повітря в приміщення, а тепло, яке виділяється в результаті згоряння паливного матеріалу, йде на обігрів води та приміщень і не впливає на природу, тобто мінімальна кількість викидів від даного типу котлів. Отже пелети можна вважати екологічним паливом, що зберігає навколишнє середовище від викидів, а топку від золи і сажі.

2.2 Застосування автоматики для твердопаливних котлів

Автоматизації режиму роботи та ефективності твердопаливних котлів модифікується основними вузлами, що виступають вентиляторами та блоками управління. Завдяки цим пристроям підтримується задана температура в системі опалення без контролю роботи агрегату з боку людини. Автоматику можливо встановити як на сучасні котли, де передбачена ця опція заводом виробником, так і можливе встановлення на твердопаливні котли старих зразків. Автоматика для удосконалення котла існує декількох видів та різниться пристроями:

- блок керування для твердопаливного котла, що є кращим засобом для автоматизації твердопаливних котлів. Завдяки йому повністю автоматизується система опалення. Він підтримує необхідну температуру в системі. На сучасному ринку представлені різні моделі блоків управління за властивостями

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			29

та ціною. В залежності від моделі і призначення блоки управління контролюють, як правило, щоб правильно працювали такі пристрої як вентилятор та циркуляційний насос.

- вентилятор для твердопаливного котла (турбіни). Завдяки цьому пристрою здійснюється нагнітання повітря в котел, а конкретніше в камеру спалювання. З його допомогою також здійснюється вентиляція технологічного обладнання, різних приміщень і підтримується необхідна стабільна температура.

- регулятори тяги, що є досить популярним і доступним видом автоматики твердопаливного. Перевага - це доступна ціна, простота в установці, надійність і легкість в управлінні. Регулятор тяги твердопаливного котла необхідний для регулювання температури теплоносія в системі опалення, за рахунок зміни ступеня відкриття заслінки підіймаючи або опускаючи її в залежності від температури, що дає можливість збільшити подачу повітря для активації горіння і зменшити подачу повітря для деактивації горіння і тим самим контролювати точно температуру теплоносія в системі опалення. Регулятор тяги дає точну температуру теплоносія, збільшує час горіння твердопаливного котла на (15-20%) [18].

Отже, процеси, які зазвичай автоматизуються в твердопаливному котлі діляться за типами використовуваного палива і роботою автоматики. Але все ж є загальні процеси, які можна класифікувати по контролю:

- контроль тяги димоходу (вентилювання);
- горіння в топці;
- підтримка нормального тиску в системі теплоносія;
- швидкість тепловіддачі теплоносія;
- контроль над гарячим водопостачанням;
- подача палива в топку;
- контроль температури в опалювальному приміщенні [19].

Інв.№поذل.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк
									30
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

2.3 Види палива, які використовуються в системи індивідуального опалення

Якщо проаналізувати тенденції використання твердопаливних систем опалення, можна зробити висновок, що основною проблемою є те що котел - це розсіяне джерело. Тому найбільшу небезпеку для людей та НПС становлять штучні джерела забруднення повітря, прикладом є індивідуальна система опалення. Людська діяльність щороку викидає в атмосферу понад 1,4 мільярда тонн діоксиду сірки, 180 мільйонів тонн вуглеводів і 19 мільйонів тонн оксиду азоту (NO). Далі наведено наслідки забруднення організму людини цими речовинами та їх токсичність.

Чадний газ - порушує всмоктування кисню в крові. Це послаблює розумові здібності, уповільнює реакцію, викликає сонливість і може призвести до непритомності.

Свинець - впливає на судинну, нервову та репродуктивну системи та послаблює розумові здібності у дітей. Свинець також накопичується в кістках.

Оксиди азоту - можуть збільшити сприйнятливості організму до вірусних захворювань, подразнюють легені, викликаючи бронхіт та пневмонію.

Озон - подразнює слизові оболонки дихальних шляхів, викликає кашель, послаблює функціонування легенів, знижує стійкість до застуди.

Дані речовини змішуються з атмосферними газами, пилом, найменшими частинками рідини, що в свою чергу утворює аерозолі, димку та туман, що є звичайною ситуацією промислового міста. При спалюванні різних видів палива, яке спалює людина, в атмосферу викидається понад 19 мільярдів тонн чадного газу (CO). Вуглекислий газ не лише токсично впливає на організм людини, але також спричиняє глобальне потепління, спричинене т.зв. "парниковий ефектом" [20].

Під час згоряння твердого палива в атмосфері гранично допустима концентрація чадного газу не повинна перевищувати 0,03 мг/л. Ця сполука

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата

					TC 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		31

більш активна до гемоглобіну крові, ніж кисень, так як замінює кисень і порушує нормальну роботу дихальних органів.

Крім того, в повітрі міститься багато вуглеводів, деякі з яких токсичні та канцерогенні для організму.

Біосфера багата азотом під час згоряння аналізованих видів біопалива, таких як тирса, торф, деревні гранули та інших. Оксиди азоту реагують з водяними парами і утворюють кислі сполуки, які у формі кислотного дощу потрапляють на поверхню Землі.

Теплопостачання міст та інших населених пунктів забезпечують 7 520 компаній усіх видів, що працюють на 31 564 котлах загальною потужністю 148 356,9 Гкал / год, з них котелень на твердому паливі 9 947, на рідкому паливі 567 газових котелень 19485 [21].

Деревне та вугільне вугілля є більш екологічно чистими джерелами енергії якщо порівнювати з вугіллям або мазутом.

Під час опалення житлових приміщень важливо обрати тверде паливо, яке значною мірою відрізняється один від одного за своїми властивостями та хімічними параметрами, таблиця 2.1

Таблиця 2.1 – Характеристики різних видів твердого палива

Вид палива	Робоче паливо			Середня об'ємна вага, кг/м ³	Зольність, %	Витрата для вироблення 1 гкал т, кг
	Вологість, %	Нижча теплота згорання				
		МДж/кг	Ккал/кг			
1	2	3	4	5	6	7
Дрова	40-30	10,22-12,2	2440-2910	450	1-3	482-404
Тирса і стружки	50-30	8,1-12,4	1935-2960	145-240	0,5	630 - 412
Стружки строгальні	15-5	13-16	3090-3800	80-120	0,5	381 - 309
Фанерні, ДСП і МДФ відходи	15-5	15-17	3570-4040	200-300	0,8	329 - 291
Деревні брикети	10	17	4040		1	291

ТС 19510252

Арк

32

Інв.№подл. Підп. і дата Підп. і дата Взаєм.інв.№ Інв.№дубл. Підп. і дата

Ви Арк № докум. Підп. Дата

продовження таблиці 2.1

Деревні гранули (пеллети)	10	19	4500	600	1	261
Тріска загалом	60-40	6-9	1400-2150	450	1-3	840 - 547
Торф кусковий	40	12,3	2940	400	10-20	400
Торф фрезерний	50	11,15	2660	400	10-20	442
Торф'яні брикети	10-15	17,58	4200	250		280
Буре вугілля	50	7,67-9,2	1830-2200	760	9-12	643-535
Лушпиння соняшникове	15	15,43	3685	100		319
Лушпиння рисове	10-15	13,31	3180			370
Стебла соняшн. або кукурудзи	10	14,65	3500	40-45		336
Виноградна лоза	10-15	14	3330	650(100)		353
Костриця льону	10-15	15,93	3805	200		309
Донецький антрацит по усіх марках у тому числі:		27,40	6540	1000	10-35	180
АРШ	6	27,04	6455	850		182
АШ	7	25,40	6065	800		194
АСШ		25,95	6195	800		190
АС	5	27,23	6500	990		181
Газ природний (розр. на м ³)		35,88	8570	0,712	-	129,7

2.3.1 Дрова

Говорячи про таке паливо як деревина можна сказати, що даний вид палива є найрозповсюдженішим серед твердого, адже повністю суха деревина утворює близько 4540 ккал/кг = 5,20 кВт/кг, тим самим опираючись на її питому вагу. Вага різних сортів 1 м³ сухої деревини різна. Так вага берези – 420-480 кг, дуба – 500-550 кг, ялина – 330-350 кг, осика – 310-340 кг. Також підвищена вологість деревини зменшує калорійність приблизно на 45-60%, ніж ті, що повністю висушені. Також у деревин буде менше вологість, якщо вона більш твердіша. Під час підготовки для спалювання в котлі деревину потрібно

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

ТС 19510252

Арк

33

Ви Арк № докум. Підп. Дата

розпилювати, розколювати і висушувати. Вологість дрів, що пролежали рік на складі, складає 20-30%, дворічного терміну - 13-17%. Для нормальної роботи установки для опалення житлової площі рекомендовано дрова, вологість яких не більше 30%.

2.3.2 Брикети та гранули деревної тирси

Серед усіх видів викопного палива все більшу популярність набувають пелети та гранули, що підходить для покупців, що використовують пелетні та автоматизовані котли. У районах, де природний газ не подається, пелети і гранули є основним паливом для автоматизованої роботи котлів. Це натуральний, екологічно чистий продукт. Гранули з деревної стружки, тирси або тріски, подрібнені, висушені, пресовані у циліндричні гранули діаметром 6-12 мм і довжиною 5-10 см. Хімічні речовини та клеї не використовуються для виробництва гранул и пелет. Їх якість залежить від природної сировини та технологій виробництва, а також усі домішки (включаючи неорганічне походження), які мають значний вплив на якість пелет та гранул. Високоякісні гранули досягають калорійності в 4000-4500 ккал / кг або 4,7-5,0 кВт і більше, вологість до 10%, вміст золи до 1 %. Дані гранули та пелети виготовляють з трісок та тирси деревного походження. Даний вид палива рекомендують тимати абсолютно сухим та розміщувати на відстані не менше 50 мм від підлоги.

2.3.3 Тріски

Тріски виготовляється з подрібнених деревних відходів та при різанні деревини при деревообробці. Тріски зазвичай довжиною 5-50 мм, а вологість сировини при різанні становить близько 50%, тому бажано висушити матеріал,

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

					ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		34

який призначений для її виробництва . На практиці в європейських країнах сировину для деревної тріски сушать на полях, великими купами, що утворюються на місцях лісозаготівлі або просто галявинах. Цей метод дозволяє зменшити вологість деревини до 35%. Тріски з деревини є основним паливом у промислових котлах з топками, що автоматизовані [22, 23].

2.3.4 Тирса

На лісопилках при переробці деревини утворюються відходи – тирса, що є паливом для спеціальних видів котлів. Вологість коливається до 50- 60% на лісопильних фабриках, або пилорамах, а також і повністю суха, що отримується під час виготовлення меблів. Застосовується тирса для виробництва гранул і брикетів палива, а частіше для роботи промислової котлів з автоматизованими топками.

2.3.5 Зерно, зернові відходи

Потреба в спалюванні надлишкового зерна та його відходів на сьогодні актуальна в певних європейських країнах та районах нашої країни. Калорійність зерна досить високе (3600 – 4320 ккал/кг в залежності від сорту зерна), але при спалюванні утворюється до 2,3% попелу, що робить його зольним. Для обігріву зерном потрібні спеціальні автоматизовані котли.

2.3.6 Торф і кам'яне вугілля (торф'яні гранули та брикети)

Торф і вугілля часто використовують як паливо для твердопаливних котлів. Вугілля користується більшим попитом у споживачів, оскільки це один

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата

					ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		35

з найдешевших та найкалорійніших видів палива. Від сорту залежить середня калорійність кам'яного вугілля – близько 6000 ккал/кг, що дорівнює 7,00 кВт/кг теплової енергії та 12% утворення золи та попелу. Торф відносять до видів палива із великою зольністю (до 20%). Деревина та торф приблизно однакові по теплотворності, кам'яне вугілля тим самим виділяє у 2-3 рази більше, якщо спалювати однакому вагу цих видів палива, але від вугілля утворюється більша кількість відходів [22, 23].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата	ТС 19510252	Арк 36
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЙ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ
ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ДО АТМОСФЕРИ ВІД ТЕЛОГЕНЕРУЮЧИХ
УСТАНОВОК МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

3.1 Використання теплоаккумулятора в системі індивідуального опалення

Застосування новітніх твердопаливних котлів із спалюванням деревини, де відбувається процес згоряння не тільки при спалюванні дров, але і деревного газу, який виділяється при згорянні палива при високих температурах. У твердопаливних котлах деревний газ пропускається через спеціальні пристрої, тобто форсунки і горить дуже чистим, часом майже біло-синім полум'ям.

Слід зазначити, що твердопаливні котли при нагріванні до 85 °С з піролізним спалюванням деревини мають досить високий ККД та під час роботи майже не залишають сажі та попелу. Цей показник дуже корисний, оскільки має найменший вплив на навколишнє середовище. До недоліків піролізних котлів на твердому паливі слід віднести великий попит на електроенергію та більша вартість, ніж звичайні котли на твердому паливі [24, 25].

Обираючи систему обігріву приміщення на твердопаливних котлах, слід звернути увагу на витрати палива порівняно з іншими типами теплогенераторів, оскільки різниця у вартості твердопаливних котлів більша, ніж у газового котла.

Якщо говорити про гідравлічні системи опалення, то їх використання підходить для великих площ будинку. Головною перевагою автономного опалення на твердопаливних котлах є доступність та низькі витрати на паливо.

Недоліки більшості автономних систем опалення з твердопаливними котлами також очевидні: вони не можуть працювати в повністю автоматичному режимі і вимагають регулярного завантаження палива та очищення топки котла.

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	

Цей аргумент не на користь екології, оскільки зола та сажа є своєрідними забруднювачами, адже ефективність спалювання твердого палива в котлах нижча, а викиди шкідливих газів в атмосферу більші в порівнянні газових котлів. Крім того, вам потрібен додатковий простір для зберігання палива та час для завантаження палива в котел.

Багато сучасних котлів на твердому паливі здатні автоматично підтримувати задану температуру теплоносія за допомогою датчика, який контролює температуру. Цей датчик механічно підключений до заслінки, яка керує процесом горіння шляхом зміни тяги. Якщо температура охолоджуючої рідини вища за встановлену, кришка автоматично закриється, і процес горіння сповільнюється, а коли температура падає, кришка трохи відкривається. Слід зазначити, що автономна система опалення на твердому паливі з такими котлами не вимагає підключення до електричної мережі.

Говорячи про вдосконалення системи опалення, ми можемо спиратися на досвід інших країн, де тверде паливо в основному використовується для автоматичного опалення з використанням акумуляторів тепла. Система опалення з твердопаливним котлом складається з типу резервуара для гарячої води ємністю 2-10 м³. Коли приміщення опалюється в робочому режимі, котел нагріває воду в резервуарі до 80-95 ° С. Теплоаккумулятор має циркуляційний насос і звичайний термостат, він підтримуватиме режим нагрівання площі постійним протягом декількох днів.

Відомо, що ще однією характеристикою котлів на твердому паливі є те, що їх нормальна робота вимагає втручання людини. Якщо ви довгий час не клали паливо в пальник, система охолоне, а температура повітря в приміщенні впаде. У деяких випадках навіть правильно підібраний котел може іноді давати надлишок тепла, тобто будинок прогрітий, а котел при тлінні забезпечує надмірне тепло, яке в більшості випадків потрапляє в каналізацію.

Щоб уникнути таких небажаних наслідків та досягти максимальної ефективності при використанні твердопаливних нагрівачів, рекомендується

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата
------------	--------------	-------------	------------	-------------

					ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		38

встановлювати систему опалення з буферним баком теплоаккумулятором. Підключення до системи опалення акумулятора показано на малюнку 3.1.

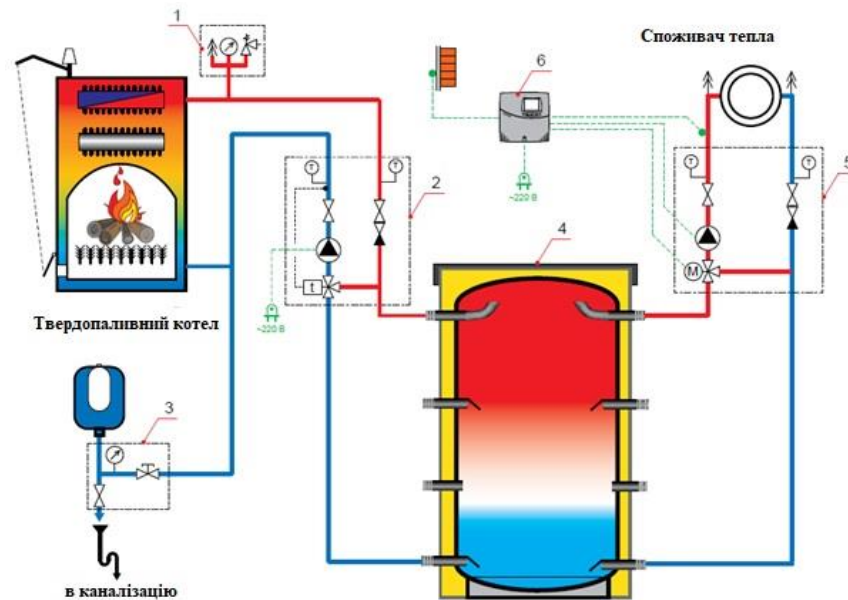


Рисунок 3.1 - Класичне підключення теплоаккумулятора до системи опалення: 1 - група безпеки (манометр, запобіжний клапан); 2 - вузол підмішування теплоносія з подачі для захисту котла; 3 - арматура для зливу / наповнення системи + розширювальний бак; 4 - теплоаккумулятор; 5 - вузол змішування системи опалення; 6 - автоматика.

Зараз пропонується декілька систем, які підходять для установки акумуляторних баків. Якщо подача електроенергії часто коливається, доцільно використовувати найпростішу об'язку з природною циркуляцією теплоносія. Для цього ємність повинна бути встановлена вище рівня системних радіаторів. Компонування об'язки з складається з двох клапанів (зворотний та термостатичний триходовий) та циркуляційний насос котла. Робота такої схеми дуже проста. Термостатичні клапани, як правило, мають постійну робочу температуру для введення теплоносія в котел (50-65 ° C). Поки котел досягає бажаної температури, клапан не пускає холодну воду з теплоаккумулятора. При

Інв.№поділ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 19510252	Арк
						39
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

досягненні заданої температури теплоносіє подається з бака в контур котла. Не потрібно встановлювати робочу температуру до 60 °С в самому котлі, бажано встановити оптимальну робочу температуру в діапазоні від 70 до 80 °С, але тут вам слід врахувати деякі моменти в опалювальній установці для вашого будинку. Через високу температуру теплоносія мешканці будинку почуватимуться не комфортно. Тому, як правило, встановлюється спеціальний елемент для змішування гарячої води з резервуару з холодною водою. У разі відсутності живлення, коли насос вимикається, відкривається спеціальний зворотний клапан. Оскільки ваш контур встановлений з урахуванням природного циклу теплоносія, зворотний клапан вільно направляє теплоносії через бак, і котел передаватиме тепло в бак без будь-яких проблем [26].

Існує кілька переваг використання в системі опалення, теплоаккумуляторів:

- через несподівану активацію насоса можливість прямої подачі холодної води із системи опалення до теплообмінника котла виключається при використанні схеми із введенням клапана термостата;

- теплоаккумулятор простий у використанні, коли паливо повністю згоріло, гаряча вода надходить до бака, тим самим зберігається. Це дає змогу раціонально використовувати теплоту енергію та мінімізувати викиди до атмосфери;

- теплоаккумулятор захищає котел від перегріву котла та від закипання;

- використання теплоносіїв як гідравлічного сепаратора, що економить витрати палива та теплової енергії.

Правильно обравши потужність котла та об'єм бака, ви можете опалювати приміщення однією або кількома паливними закладками на день, що зменшує час роботи твердопаливного котла, продовжуючи тим самим термін його служби. Вся робота котла. Адже існують відмінності в режимах роботи, наприклад, коли котел працює 24 години на добу, а коли котел працює лише 4-5 годин, а будинок обігріватиметься 1-2 дні. Це вигідно і для екологічної ситуації,

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

оскільки за рахунок зменшення паливного навантаження котлової системи та збільшення інтервалу в годинах опалення, кількість викидів від таких систем зменшується, отже викиди зменшуються на 25-35% приблизно.

Аналіз недоліків цієї системи є загальним збільшенням ціни, оскільки вам доведеться придбати додаткове обладнання. Однак краща ефективність нагрівання та більш ефективне спалювання палива, зменшує загальні витрати на паливо, кількість викидів та збільшує термін служби агрегату. Усі ці фактори можуть мати великий вплив на вашу можливу рентабельність інвестицій [26].

Теплоаккумулятор - це спеціальний пристрій, який підтримує постійну температуру в будинку за допомогою котла або теплового насоса. Опалення приносить багато переваг власнику та значно спрощує життя членів будинку. Схожий він на бак з простими та зрозумілими принципами. Розмір ємності може варіюватися в залежності від типу котла та інших ситуацій, в середньому розмір коливається від 450 до 1200 літрів. Ці резервуари займають багато місця, яке потрібно продумати заздалегідь.

Бак повинен бути добре ізольований та утеплений. В своїй основі теплоаккумулятор - це великий термос, який підтримує постійну температуру води, покритий при цьому світловідбиваючою поверхнею всередині і пінополіуретаном ззовні. У резервуарі є змішувачі, де вода циркулює. Гаряча та охолоджена вода циркулює з трубок збереження тепла назовні, в систему опалення по будинку під час роботи котла. Після припинення роботи котла в експлуатацію вводиться теплоаккумулятор.

Робота пристрою залежить від великої теплоємності води. При охолодженні вода нагріває повітря в приміщенні. Деякі котли не можуть працювати безперервно, вони працюють поетапно. Спочатку нагрівається до максимуму, а потім тліє. Теплоаккумулятор призначений для забезпечення безперебійного відведення тепла.

Поки котел працює, бак наповнюється гарячою водою. Як тільки вода в радіаторі почне охолоджуватися, вода буде замінена тією, що є в резервуарі.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			41

Процес автоматичної заміни виконує насос, який запускається після вимкнення котла. Тобто в системі опалення є два насоси, на яких працює теплоаккумулятор. [26].

Першою явною перевагою є підтримка комфортної температури в приміщеннях, навіть при припиненні роботи котла. Крім цієї функції збереження тепла, є й інші переваги:

- захист від перегріву котла
- раціональне використання ресурсів (зниження потреб у паливі на 30%);
- ККД котла росте понад 90%;
- відкриває можливість поєднання різних типів котлів в одній системі опалення;
- є додатковим джерелом гарячої води для використання в побуті.

Функція буферної ємності має багато переваг. Однак є одна вада, яка може стати ключовою при встановленні. Для монтажу потрібний простір, при маленькому опалювальному приміщенні поставити теплоаккумулятор буде складно. Також при встановленні слід звернути увагу, це на ізоляцію резервуара. Бажано встановити термометр на відвідних і підводять воду трубах. Це дає вам кращий контроль за нагріванням.

Для того, щоб система була максимально ефективною та безпечною, необхідно встановити манометри та запобіжного клапана. Це обладнання монтується поруч з акумулятором на магістралі [27]. На рисунку 3.2. наведена схема підключення теплоаккумулятору до системи опалення.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк
									42
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					



Рисунок 3.2 – Схема підключення теплоакумулятору до системи опалення

Підбиваючи підсумки модна сказати, що монтаж теплоакумулятора має ряд таких переваг:

1. Скорочення використання твердого палива, включаючи зменшення викидів шкідливих речовин. Основною характеристикою котла на твердому паливі є тривалість його роботи. Головною проблемою котлів з коротким часом роботи полягає в тому, що доводиться часто підкидувати дрова. Коли встановити до системи опалення теплоакумулятор, котел нагріває вашу систему, а також теплоакумулятор. Коли котел догорить і деревина вичерпається в системі опалення, тепло буде підтримувати бак. Якщо ви вибрали відповідний акумулятор тепла, ви можете утримувати тепло в системі опалення ще до 11 годин, а це приблизно як ще одне завантаження котла паливом. Отже, система удосконалена теплоакумулятором буде працювати довше, ніж без, і економія палива досить значна (приблизно 30-35 %).

2. Твердопаливні котли працюють з більшим ККД.

Під час інтенсивного горіння котел працює і нагріває систему по максимуму, а під час паузи температура горіння падає і паливо тліє, але при цьому котел виділяє теплову енергію, яка є надлишковою. У цьому випадку енергія буде вилітати так скажемо в трубу з мінімальним ефектом.

Використання теплоакумулятора для зберігання тепла дозволяє вам

Інв.№поділ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

керувати процесом горіння та накопичувати теплоту енергію. Ефективність котла максимальна та зменшуються вміст шкідливих викидів в атмосферу, так як паливо згорає повністю та за високих температур.

3. Термін служби збільшується, оскільки котел у поєднанні з теплоакумулятором генерує в 2 рази більше теплової енергії, ніж без нього, хоча він працює менше.

4. Безпека системи опалення. Наприклад, коли живлення відключено, без природної циркуляції котел може перегрітися. Використання резервуара допоможе вам уникнути цього, оскільки акумулятор тепла поглине надлишкове тепло [28].

3.2 Екологічно-безпечні режими параметри роботи твердопаливних котлів

Порода деревини

Також, попри використання теплоакумулятора, ефективність та якість роботи котла, залежить від того, як підготовлене паливо для опалення(дрова, пелети, або інші види). Якщо ігнорувати процес підготовки палива, агрегат буде гірше працювати та обігріватиме приміщення. Також котел буде швидше псуватиметься так як при спалюванні вологого палива утворюватиметься більше дьогтю та сажі.

Вибираючи породу, потрібно покладатися на щільність деревини, оскільки це паливо є найбільш ефективним, а час горіння довший. Листяні сорти мають щільнішу структуру, ніж хвойні. Крім того, перші краще займаються, що дозволяє добре розпалювати котел. При виборі також враховують вартість палива. Іноді хвойні породи можуть бути набагато дешевші, тому використання є більш економічним, але не таким ефективним. Крім породи в ході практичного застосування цікавить і жароутворення, або максимальна

Підп. і дата	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№подл.
--------------	------------	-------------	--------------	------------

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			44

температура, яка може бути досягнута в топці при спалюванні певної породи деревини . Різні породи дерева згорають різними способами. Одні утворюють при згоранні рівне і високе полум'я, а інші демонструють низький вогонь, але в той же час показувати велику температуру безпосередньо в області горіння. В таблиці 3.1 наведено жароутворення та температура горіння різних порід деревини[29].

Таблиця 3.1 – Жароутворення та температура горіння різних порід деревини.

Порода	Жароутворення %	Температура С
Бук, ясен	87	1044
Граб	85	1020
Дуб	73	840
Береза	68	816
Піхта	63	756
Акація	59	708
Липа	55	660
Сосна	52	624
Осина	51	552
Тополя	39	468

Зберігання палива

При ефективному використанні дров в системі опалення головним завданням є захист деревини від вологи та гниття. Для цього бажано запобігати дощу, утримуючи паливо під навісом, хоча, з одного боку, важливо провітрювати деревину, щоб ефективно зменшити вологість. Тому можна сказати, що поліна не повинні бути повністю покриті брезентом або поліетиленом, оскільки може розпочатися процес розпаду, а поліна потрібно скласти так, щоб між ними було місце для повітря. Висушені дрова можна зберігати закритими, щоб запобігти накопиченню вологи. [30].

Процес спалювання

Неправильне використання деревини може забруднити котел та димохід. Перш за все потрібно:

- Оглядати димохід і принаймні пару разів на рік чистити димохід та котел

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510252	Арк 45
----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

від сажі та дьогтю.

- Переконайтесь, що присутня достатня кількість повітря до вогню.
- Потрібно слідкувати за тим, щоб дрова не тліли, а яскраво горіли, щоб підтримувати постійну температуру, паливо слід додавати рівномірно, а при високій температурі утворюється менше викидів.

Коли органічне паливо спалюється в енергетичних установках, ЗР та парникові гази викидаються в атмосферу разом з димом. Постає необхідність в обліку таких забруднювальних речовин та парникових газів [31]:

- сполуки у формі нерозчинних речовин;
- оксиди сірки у перерахунку на діоксид сірки або сірчистий ангідрид SO₂;
- оксиди азоту NO_x у перерахунку на діоксид азоту NO₂;
- чадний газ CO;
- важкі метали та їх сполуки
- вуглекислий газ CO₂;
- азоту (I) оксид або оксид діазоту N₂O.

Загальні викиди та парникові гази визначаються на основі:

- при постійному вимірюванні концентрації забруднюючих речовин у димових газах енергетичних установок;
- методів розрахунку на основі даних про витрати та склад використаного палива, а також характеристики енергетичних та газоочисних установок.

Метод розрахунку для визначення викидів базується на використанні показника емісії. Показника емісії вказує на масову кількість забруднювальної речовини, яка викидається енергетичною установкою в атмосферне повітря разом з димовими газами, віднесена до одиниці енергії, що виділяється під час згоряння палива. Він залежить від багатьох чинників. Існують два показники емісії - узагальнений та специфічний

Узагальнений показник емісії забруднювальної речовини є середньою питомою величиною викиду для певної категорії енергетичних установок, певної технології спалювання палива, певного виду палива з урахуванням

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

										ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата							46

заходів щодо зниження викиду забруднювальної речовини. Він не враховує особливостей хімічного складу палива.

Специфічний показник емісії є питомою величиною викиду, яка визначається для конкретної енергетичної установки з урахуванням індивідуальних характеристик палива, конкретних характеристик процесу спалювання та заходів щодо зниження викиду забруднювальної речовини.

Викиди в атмосферне повітря від спалювання твердого палива залежать від нижчої теплоти згорання палива і коефіцієнта корисної дії котла. Розглянемо докладніше, яким чином відбувається вплив даних величин на викиди забруднюючих речовин. Висушування і піроліз/газифікація є першими етапами процесу згорання твердого палива, і відповідно при висушуванні відбувається випаровування вологи, що зменшує температуру в топці, сповільнюючи процес спалювання палива. Випаровування води, що міститься в деревині і наступне нагрівання водяної пари вимагають значних витрат енергії, що призводить до падіння температури нижче мінімального рівня, необхідного для забезпечення процесу горіння. Отже, вологість є однією з найбільш важливих змінних характеристик палива і безпосередньо впливає на нижчу теплоту згорання палива.

Викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при спалюванні твердого палива, чітко залежать від вологості твердого палива, яка може змінюватися в широких межах.

Вологість палива

При заготівлі 35-45% маси деревини – це волога. Намагаючись її спалити, ви отримуватиме не тепло, а пару. Потрібно висушувати деревину, доки її вологість знизиться хоча б до 25%. Чим сухіше паливо, тим краще воно горітиме. Висока вологість означає не лише менше тепла, а й забруднення димоходу смолами та викиди в атмосферне повітря [30].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк				
									47				
									Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Вологість деревини залежить від методу її виробництва і зберігання за формулою 2.3:

$$W = \frac{\rho_w \cdot 112}{\rho_{12}} - 100 \quad (3.3)$$

де ρ_w - щільність деревини при вологості W , кг/м³; ρ_{12} - щільність деревини при нормальній вологості $W = 12$ %, кг/м³.

Використання твердого палива з високою вологістю в першу чергу зменшує ККД, що проілюстровано на рис. 3.3.

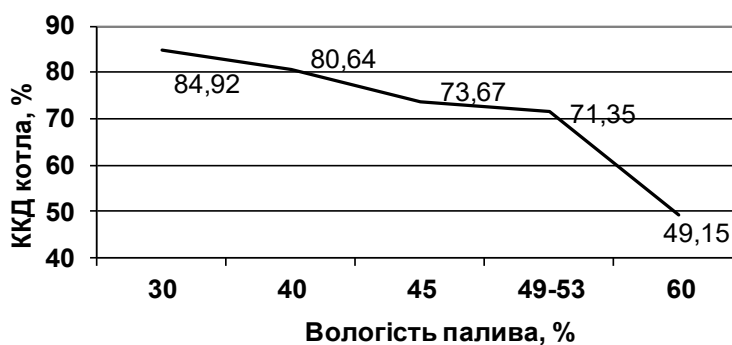


Рисунок 3.3 – Залежність ККД котла від вологості твердого палива

При зростанні вологості твердого палива, зростають викиди забруднюючих речовин, що наглядно зображено на рис. 3.4.

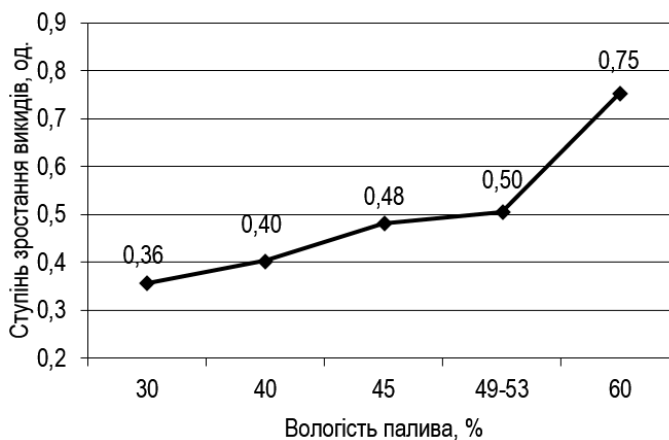


Рисунок 3.4 – Ступінь зростання обсягів забруднюючих речовин в залежності від вологості палива [32].

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № дубл.	
Інв. № подл.	

Переглянувши рисунок 3.4, можна помітити залежність викидів ЗР від вмісту вологи в твердому паливі. Так при проценті вологості 49-53 % обсяги викидів більші на 28% в порівнянні з вологістю у 30%, а при 60 % вологості палива викиди зростають більше ніж на 100 % (3.4).

Температура спалювання деревини

Також на обсяги забруднюючих речовин впливає температура згорання твердого палива, рис. 3.5, а найбільш оптимальна температура горіння палива знаходиться в межах 800 - 900 °С.

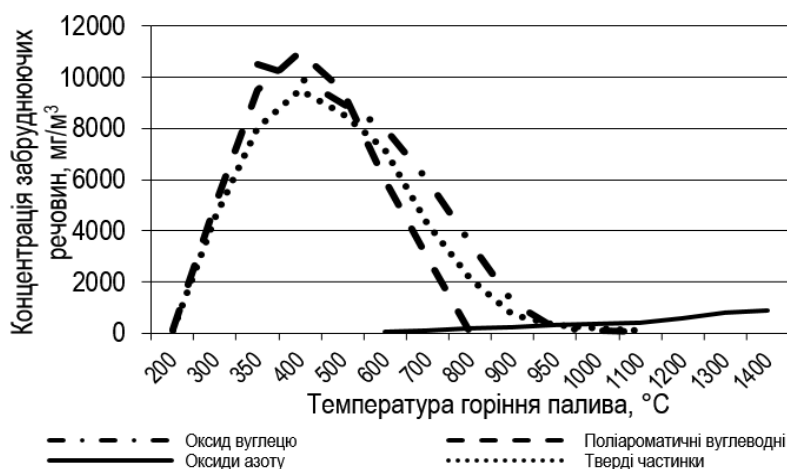


Рисунок 3.5 – Залежність викидів забруднюючих речовин від температури згорання палива [32].

Рисунок. 3.5, показав, що аналізуючи концентрації речовин. Можна сказати. Що присутня залежність від температури згорання твердого палива. Так при температурах 800-900 °С, що характерна для екологічно безпечної схеми котел та теплоаккумулятор, концентрація для оксиду вуглецю – 3500 мг/м³, оксидів азоту – 40 мг/м³, поліароматичних вуглеводнів – 1500 мг/м³, твердих частинок – 3000 мг/м³, що є більш задовільно так як при температурах 400-500 °С, що характерно для класичної схеми спалювання твердого палива в котлі (тління твердого палива), концентрації речовин більші в середньому на 50-65 %, так концентрації оксиду вуглецю – 10 000 мг/м³, поліароматичних вуглеводнів – 11 000 мг/м³, твердих частинок – 9500 мг/м³ [32].

Підп. і дата
Інв.№подл.
Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.

3.3 Оцінка зниження рівня забруднення атмосферного повітря при використанні теплоукумулятора

На основі даних та аналізу таблиць, графіків наведених в дипломній роботі можна зробити висновок, що при використанні твердого виду палива необхідно брати до уваги певні властивості деревини та її характеристики, а також процес підготовки та зберігання. Таким чином, в загальному аналізі технологій зниження викидів ЗР від спалювання твердого палива в теплогенеруючих установках малої потужності важливим показником є, вологість твердого палива. Якщо вона коливається від 45 до 55% це призводить до зменшення ефективності котла, тобто ККД становить від 70 до 80% (рис 3.3). Коли ж говорити про вологість в 30-35%, ККД збільшується до 80-85%, використання дров є більш ефективним, тим самим відбувається зменшення ступеня викидів шкідливих речовин (рис. 3.2).

Наступним кроком у використанні котлів на твердому паливі є використання високої температури горіння та оптимізація процесу, оскільки для потенційного показника зменшення викидів в атмосферу слід використовувати агрегати з більш високою температурою згоряння палива. Порівнявши дані розрахунків (рис. 3.5) , які були проаналізовані, можна сказати, що при 450-500 °С концентрація забруднюючих речовин становить більша в середньому на 60 % в порівнянні з 750-800 °С. Досягти бажаної високої температури допомагає використання екологічно безпечної схема опалення котел з удосконаленням в вигляді теплоукумулятору. Більш комплексна та систематизована інформація наведена в таблиці 3.6 [32].

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			50

Таблиця 3.2 - Порівняльна оцінка двох схем опалення житлової площі.

№	Показник	Класична схема спалювання твердого палива(котел)	Екологічно безпечна схема котел + теплоакумулятор
1	ККД	80-85 %	понад 90%
2	Економія палива	-	до 35 % за сезон
3	Температура горіння	450-500 °С	750-800 °С
4	Зменшення концентрація ЗР мг/ м ³ від температури горіння палива		
4.1	Оксид вуглецю	10 000	3500
4.2	Оксид азоту	0	40
4.3	Поліароматичні вуглеводні	11 000	1500
4.4	Тверді частинки	9 500	3000

Помітно, що при використанні високих температур відбувається зменшення концентрацій ЗР при спалюванні палива. Також можна додати, що використання теплоакумулятора дозволить спалювати паливо повністю, що дозволяє зменшити обсяги викидів ЗР при спалюванні (таблиця 3.3) [4].

Таблиця 3.3 - Обсяги викидів кг на 1 тонн деревини дров'яної від температури горіння палива [4].

Речовина	Класична схема спалювання твердого палива(котел)450-500 °С	Екологічно безпечна схема котел + теплоакумулятор 750-800 °С
CO ₂	4,9	1,715
SO ₂	0,3	0,12
Поліароматичні вуглеводні	1,3	0,845
NO ₂	0,97	3,88
Тверді частинки	4,3	1,505

Інв.№поділ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

ТС 19510252

Арк

51

Проаналізувавши використані статистичні дані та зробивши певні розрахунки можна зробити висновки, що при використанні високої температури та теплоакумулятора в системі опалення, відбувається менш негативний вплив на НПС та раціональне використання ресурсів (зниження потреб у паливі на 30%); тим самим додаткове зменшення впливу на НПС. Однак, основною перевагою при використанні теплоакумулятора як технології зниження викидів при спалюванні твердого палива, є зменшення концентрацій та обсягів забруднюючих речовин . Так концентрації та обсяги викидів знижуються в середньому на 60-65 %.

Інв.№поذل.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			52

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА СКЛАДОВА ПРИ ВИКОРИСТАННІ УДОСКОНАЛЕННЯ З ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРОМ

Якщо говорити про вплив твердопаливних котлів на екологічну ситуацію в цілому, то можна також розглядати питання економічного характеру. В першу чергу основним під час проектування систем індивідуального опалення є вибір котла. В окрему групу слід виділити твердопаливні котли для опалення житла, які функціонують протягом довгого періоду, їх пристосованість до потреб споживача та важливий показник- це вартість.

Різноманітність моделей котлів дозволяє використовувати твердопаливні котли опалення для дачі, заміських будинків, котеджів, квартир і виробничих приміщень.

Таким чином можна аналізувати інформацію, що опрацьована в попередніх розділах, та зробити деякі розрахунки стосовно використання деревини, як палива, певного виду котлів та використання теплоаккумулятора з вигідної економічної точки зору.

4.1 Номінальні витрати на встановлення теплогенеруючої установки

При виборі котлу для опалення житлової площі, а саме будинку 80-100 м³, потрібно установка приблизно 20 кВт, що є невеликою потужністю, а саме для отоплення звичайного приватного будинку. Для заданої потужності котла рекомендовано встановлювати теплоаккумулятор ємністю 800-1000 літрів для нормального еколого-економічного ефекту всієї системи.

Аналізуючи таблицю 4.1 можна зробити висновок, що система з використанням теплоаккумулятора дорожча, так як встановлення та сам бак буде

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

										ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата							53

коштувати 16 500 грн, в вісотковому співвідношенні встановлення теплоаккумулятору буде коштувати на 36-37 % дорожче.

Таблиця 4.1 – Витрати на встановлення агрегату [33].

№	Ціна (грн.)	Витрати на встановлення (грн.)	Сума (грн.)
1. Котел 20 кВт	25 000	2 500 котел	27 500
2.Котел 20 кВт + теплоаккумулятор	25 000 + 15 000	2 500 котел 1500 теплоакум.	44 000

Аналізуючи таблицю 4.1 можна зробити висновок, що система з використанням теплоаккумулятора дорожча, так як встановлення та сам бак буде коштувати 16 500 грн, в вісотковому співвідношенні встановлення теплоаккумулятору буде коштувати на 36-37 % дорожче.

4.2 Витрати на експлуатацію та на паливо, що використовується

Вище сказано, що система з теплоаккумулятором значно екологічно чиста, так як відбувається згоряння палива з більшою температурою, що в свою чергу зменшує кількість викидів. Також утворюється менша кількість золи та дьогтю, що дає змогу чистити димохід так сам котел не так часто, тим самим економити на продувці димоходу. Ще один плюс - це збільшення періоду експлуатації котлу при використанні його з теплоаккумулятором(час роботі та перегрів менше). З іншої сторони у буферній ємності зберігається теллова енергія від спалювання деревини, що дає змогу економити близько 30 % палива за період опалення житлової площі. Таким чином в таблиці 4.2 показано як удосконалена система дає змогу економити паливо.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата

					ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		54

Таблиця 4.2 Різниця витрат палива та викидів в атмосферу

№	Витрати деревини на сезон (складометри)	Витрати на закупівлю (грн)	Вага деревини берези 30-40 % (тонн)	Викиди в атмосферу (тонн)
Котел 20 кВт	21 складометр	14 700	9,45	0,178
Котел 20 кВт + теплоакум.	14.7 складометр	10 290	6,615	0,125

Дивлячись на таблицю 4.2 можна сказати, що при використанні звичайного котла витрачається 21 складометр або 9,45 тонн деревини на сезон та утворюється 0,178 тонн викидів в атмосферу (CO₂ , NO₂ , SO₂, тверді частинки) Стосовно симтеми з теплоаккумулятором витрати 14,7 складометрів або 6,615 тонн деревини та утворюється 0,125 тонн викидів. Отже, при використанні присутній екологічна різниця, що дорівнює 30% зменшення викидів. Також економічна складова також досить суттєва, так як кожного року відбувається економія коштів на суму 14 700 – 10 290 = 4410 грн.

Отже, аналізуючи інформацію робимо такі висновки:

1. Протягом сезону опалення можна економити до 30% деревного палива, що дорівнює 6,3 складометрів або 2,835 тонн палива, що дорівнює 4410 грн.

2. При використанні теплоаккумулятора підвищується температура горіння деревини, що дає змогу зменшити викиди на 0,053 тонн за сезон з одного індивідуального агрегату.

3. Одною з найголовніших з економічної точки зору є те, що за даних розрахунків при економії в 4410 грн, можна порахувати окупність теплоаккумулятора. Окупність приблизно відбудеться через 3,5 роки, що є гарний показником при великому часу експлуатації.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги до проектування котельних установок

Державними будівельними нормами [34] В.2.5-77:2014 встановлено вимоги проектування при новому будівництві, реконструкції, капітальному ремонті та технічному переоснащенні існуючих котелень (котельних установок) незалежно від їх продуктивності з паровими, водогрійними і пароводогрійними котлами, теплогенераторами з надлишковим тиском пари не більше ніж 3,9 МПа, температурою води не вище ніж 200 °С.

Згідно з згаданими ДБН котел водогрійний - пристрій, що має топку і обігривається продуктами спаленого в ній палива та призначений для нагрівання води, яка знаходиться під тиском вище атмосферного і використовується як теплоносій поза самим пристроєм (НПАОП 0.00-1.26).

Котельня (котельна установка) - приміщення, будівля, споруда чи їх комплекс, у яких розміщено сукупність обладнання та пристроїв (у тому числі теплогенератори на основі водонагрівачів, допоміжне устаткування), що призначена для вироблення теплової енергії та передавання її теплоносію (водяна пара або гаряча вода) з метою теплозабезпечення споживачів. ДБ4 102:77-5.2.ВН.

При проектуванні котелень, крім ДБН В.2.5-77:2014, необхідно дотримуватись вимог НПАОП 0.00-1.11, НПАОП 0.00-1.20, НПАОП 0.00-1.26, НПАОП 0.00-1.60, а також вимог НАПБ А.01.001, ДБН В.1.1-7, ДБН В.2.5-20, ДБН 360, ДБН А.2.2-3, ДБН В.1.1-31, ДБН В.1.2-14, ДБН В.2.2-9, ДБН В.2.2-15, ДБ4 102:77-5.2.ВН ДБН В.2.2-27, СНиП II-89, СНиП 2.03.11, СНиП 2.09.02, СНиП 2.09.03, ПУЕ, ПУЭ та інших чинних в Україні нормативних документів.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк
					Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

За технологічною схемою котельні допускається проектувати в комплексі з альтернативними джерелами теплової енергії (сонячними колекторами, тепловими насосами, теплогенераторами перетворення кінетичної енергії води в теплову тощо), котлами з електричним підігрівом, електричними водонагрівачами, у тому числі накопичувальними, а також з агрегатами одиночної потужності не більше ніж 25 МВт для когенерації, тригенерації [35].

Для житлових будинків допускається проектування прибудованих та дахових котелень при застосуванні водогрійних котлів, теплогенераторів із температурою нагріву води не вище ніж 115 °С. [34]

Як паливо для дахових котелень необхідно використовувати природний газ. Роботу прибудованих котелень допускається передбачати на природному газі, твердому та рідкому паливі з температурою спалаху парів не нижче ніж 61 С (у закритому тиглі).

Загальна продуктивність котлів, теплогенераторів, які встановлюють у вбудованих котельнях для громадських будинків і споруд, адміністративних і побутових будинків не повинна перевищувати:

а) 5,0 МВт при роботі котлів та теплогенераторів на природному газі та рідкому паливі (з одиничною потужністю котла, що не має барабанів, не більше ніж 1,25 МВт);

б) 1,7 МВт при роботі котлів, теплогенераторів на твердому паливі (при загальному максимальному виході золи та шлаку в котельні не більше ніж 150 кг/год).

Не допускається проектування котелень (у т.ч. окремих котлів, обладнання і устаткування) прибудованих, вбудованих, дахових для таких будинків і споруд громадського призначення:

- дошкільні навчальні заклади;
- навчальні заклади;
- охорони здоров'я та відпочинку (лікувально-профілактичні та санітарно-профілактичні заклади; санаторії та санаторії-профілакторії);

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

- фізкультурно-оздоровчі та спортивні;
- будинки та споруди дозвілля, культурно-видовищні та культові заклади;
- заклади соціального захисту населення (крім центрів зайнятості населення);
- будинки та споруди транспорту, призначені для безпосереднього обслуговування населення;
- підприємства побутового обслуговування (крім хімчисток та пралень);
- будинки та споруди з атриумами. [34]

5.2 Гігієнічні критерії оцінки умов праці

Класи умов праці:

1 клас (оптимальні умови праці) - умови, за яких зберігається не лише здоров'я працівників, а й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності.

Оптимальні гігієнічні нормативи виробничих факторів встановлені для мікроклімату та показників важкості трудового процесу. Для інших факторів за оптимальні умовно приймаються такі умови праці, за яких несприятливі фактори виробничого середовища не перевищують рівнів, прийнятих за безпечні для населення.

2 клас (допустимі умови праці) - умови, що характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів (а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни) та не повинні чинити несприятливого впливу на стан здоров'я працівників та їх нащадків в найближчому і віддаленому періодах.

3 клас (шкідливі умови праці) - умови, що характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні

Підп. і дата	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№подл.

ТС 19510252

Арк

58

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

високий ризик виникнення гострих професійних уражень, у тому числі й важких форм.

Особливо шкідливі умови праці - стан умов праці та/або рівні виробничого навантаження, які згідно з пунктом 1.1 цього розділу відносяться до 3 класу, 3, 4 ступенів шкідливості та 2, 3 ступенів важкості (напруженості).

Особливий характер праці - роботи, що виконуються з високим рівнем нервово-емоційного та інтелектуального навантаження, в особливих природних географічних і геологічних умовах та умовах підвищеного ризику для здоров'я [36,37].

5.3 Аналіз шкідливих факторів під час експлуатації обладнання котельні

Шкідливі фактори, що виникають в процесі експлуатації обладнання котельні.

Мікроклімат. Параметрами мікроклімата, що нормуються являються: температура (t , °C); відносна вологість повітря (W , %); швидкість повітря в приміщенні (V , м/с); інтенсивність теплових випромінювань ($Вт/м^2$). Параметри мікроклімату нормуються за ДСН 3.3.6.042-99 (Загальні санітарно-гігієнічні норми до робочої зони). Для забезпечення параметрів мікроклімату проектом передбачено джерело теплопостачання - централізована система теплопостачання підприємства. Теплоносій - вода з розрахунковими параметрами 70°-115°С.

Виробничий шум. Для умов, які розглядаються в дипломному проекті, рівень звуку не повинен перевищувати 80 дБА за ДСН 3.3.6.037-99. Джерелом шуму в котельні є: котел, компресор, насоси, вентилятори, трубопроводи.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			60

Виробнича вібрація. Згідно ДСН 245-99 допустимий рівень вібрації не повинен перевищувати 92 дБА. Джерелом вібрації в котельні є: котел, компресор, насоси, вентилятори, трубопроводи.

Нераціональне природне та штучне освітлення. Недостатній рівень освітленості може призвести до погіршення чи повної втрати зору, а також до профзахворювань. Розрахуємо систему штучного освітлення котельні:

В наслідок того, що робота оператора котельні пов'язана із зніманням даних з самописців, заповненням оперативного журналу, слідкуванням за нормальною роботою котлів за допомогою пульта керування вибираємо розряд зорової роботи V.

5.4 Захист від шкідливих факторів

Мікроклімат. Для нормалізації повітря і запобігання впливу шкідливих речовин приміщення обладнується системою вентиляції, працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту (окуляри), встановлений особливий режим роботи і відпочинку.

Шум. Всі насоси та їх приводи встановлені на індивідуальних фундаментах з вібропоглинаючих матеріалів; в повітропроводах встановлені фіксовані направляючі пристрої; приєднання трубопроводів до колекторів передбачено через віброізолюючі прокладки у фланцях; кожух котла і компресора виготовлений з використанням шумоізолюючих матеріалів; черговому персоналу видаються антифони типу ВДНІИ ОТ-2.

Вібрація. В фундаменті котла, компресора влаштовані деформаційні шви для зниження загальних вібрацій; використання вібробезпечного обладнання; еластичні прокладки, вставки, компенсатори, що зменшують вібрацію на шляху розповсюдження; облицювання підлоги віброізолюючими матеріалами; встановлення насосів, компресорів на вібропоглинаючі основи; індивідуальні засоби захисту: віброгасяще взуття, рукавиці з амортизаційними прокладками.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата

							ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				61

Освітлення. Для запобігання погіршенню зору та забезпечення нормальної роботи працюючих освітленість приміщення повинна відповідати встановленим нормам: для природного освітлення (бічне) - $e_n''' = 2$; для штучного освітлення - $E = 200 \text{ Лк}$.

Це досягається завдяки встановленим в необхідній кількості освітлювальним пристроям і вікнам, правильному і своєчасному експлуатаційному обслуговуванню їх (миття, заміна зіпсованих ламп і т.д.), пофарбуванню стін у світлий колір.

5.5 Гігієнічна оцінка умов праці за показниками мікроклімату

Віднесення умов праці до того чи іншого класу шкідливості та небезпечності за показниками мікроклімату здійснюється відповідно до таблиць 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 Класи умов праці за показником ТНС-індексу* для виробничих приміщень незалежно від періоду року та відкритих територіях теплої пори року

Категорія робіт	Загальні енерговитрати, Вт	Класи умов праці						
		оптимальний	допустимий	шкідливий				небезпечний
				1	2	3.1	3.2	
1а	до 139	21,0-23,4	23,5-26,4	26,5-26,6	26,7-27,4	27,5-28,6	28,7-31,0	більше 31,0
1б	140-174	20,2-22,8	22,9-25,8	25,9-26,1	26,2-26,9	27,0-27,9	28,0-30,3	більше 30,3
2а	175-232	19,2-21,9	22,0-25,1	25,2-25,5	25,6-26,3	26,3-27,3	27,4-29,9	більше 29,9
2б	233-290	18,2-20,9	21,0-23,9	24,0-24,2	24,3-25,0	25,1-26,4	26,5-29,1	більше 29,1
3	більше 290	17,0-18,9	19,0-21,8	21,9-22,2	22,3-23,4	23,5-25,7	25,8-27,9	більше 27,9

Інв.№поділ. Підп. і дата
 Взаєм.інв.№ Інв.№дубл. Підп. і дата

ТС 19510252

Арк

62

Ви Арк № докум. Підп. Дата

Таблиця 5.2 – Класи умов праці за окремими показниками мікроклімату для виробничих приміщень в холодну пору року

Показники мікроклімату	Класи умов праці						
	оптимальний	допустимий	шкідливий				небезпечний
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Температура повітря, °С*	за ДСН 3.3.6.042-99**		вище або нижче ГДР, °С				-
			до ±2,0	±(2,1-4,0)	±(4,1-6,0)	±(6,1-8,0)	
Швидкість руху повітря, м/с*	за ДСН 3.3.6.042-99		перевищення ГДР, разів				-
			до 3	більше 3	-	-	
Відносна вологість повітря, %	за ДСН 3.3.6.042-99		перевищення ГДР, %				-
			до 15	більше 15	-	-	
Теплове випромінювання, Вт/м-2	за ДСН 3.3.6.042-99	за ДСН 3.3.6.042-99 пункти 1.2.5, 1.2.6	перевищення ГДР, Вт/м-2				-
			до 140	-	-	-	
			141-1500	1501-2000	2001-2500	2501-3500	

До цієї Гігієнічної класифікації праці за показником, який отримав найвищий ступінь шкідливості, з урахуванням категорії важкості праці за рівнем енергозатрат згідно із санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42 (далі - ДСН 3.3.6.042-99), та результатів досліджень важкості праці. Для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуються результати вимірювань його складових згідно з ДСН 3.3.6.042-99 або інтегральний показник теплового навантаження середовища - ТНС-індекс (за наявності теплового опромінення не вище 1000 Вт/м² для виробничих приміщень незалежно від пори року та відкритих територій у теплу пору року). ТНС-індекс - емпіричний інтегральний показник (виражений в °С), який відтворює поєднаний вплив температури, вологості, швидкості руху повітря, інфрачервоного випромінювання на теплообмін людини з навколишнім середовищем.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

ТС 19510252

Арк

Нагрівальний мікроклімат - поєднання параметрів мікроклімату (температури повітря, вологості, швидкості руху, інфрачервоного випромінювання), за якого спостерігається порушення теплообміну людини з навколишнім середовищем, виражене накопиченням тепла в організмі вище верхньої межі оптимальної величини ($>0,87$ кДж/кг) та/або збільшенням частки втрати тепла під час роботи потових залоз ($>30\%$) в загальній структурі теплового балансу, появою загальних або локальних дискомфортних тепловідчуттів (трохи тепло, тепло, спекотно).

До цієї Гігієнічної класифікації праці наведені величини перевищення температури повітря в робочій зоні ($^{\circ}\text{C}$), швидкості руху повітря (м/с), відносної вологості повітря (%), інфрачервоного випромінювання ($\text{Вт}/\text{м}^2$) залежно від площі тіла людини, яка зазнає дії випромінювання, за наявності нагрітих поверхонь обладнання, опалювальних та освітлювальних приладів (пункт 1.2.5 ДСН 3.3.6.042-99), відкритих джерел випромінювання (пункт 1.2.6 ДСН 3.3.6.042-99) та залежно від важкості праці для теплої пори року.

До цієї Гігієнічної класифікації праці наведені величини ТНС-індексу для людини, одягненої в комплект літнього одягу з теплоізоляцією 0,5-0,8 кло ($1 \text{ кло} = 0,155^{\circ}\text{C м}^2/\text{Вт}$).

При опроміненні тіла людини вище $100 \text{ Вт}/\text{м}^2$ потрібно використовувати засоби індивідуального захисту, зокрема обличчя та очей, відповідно до класів умов праці за показником ТНС-індексу для виробничих приміщень незалежно від періоду року та відкритих територій у теплу пору року, наведених у додатку 6 до цієї Гігієнічної класифікації праці. Рівні інфрачервоного випромінювання передбачають обов'язкову регламентацію тривалості безперервного опромінення та пауз і повинні оцінюватись у виробничих приміщеннях незалежно від пори року.

Гігієнічну оцінку впливу мікрокліматичних умов при використанні спеціального захисного одягу (наприклад, ізолювального) працівників у нагрівальному середовищі та в екстремальних умовах (під час виконання

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк
									64
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

ремонтних робіт) рекомендується здійснювати за фізіологічними показниками теплового стану людини.

При роботі на відкритій території у теплий період року необхідно орієнтуватись на параметри мікроклімату, що наведені в додатках 5, 6 до цієї Гігієнічної класифікації праці.

Охолоджувальний мікроклімат - поєднання параметрів мікроклімату, за якого відбувається зміна теплообміну організму, що призводить до появи загального або локального дефіциту тепла в організмі ($>0,87$ кДж/кг) внаслідок зниження температури «ядра» та/або «оболонки» тіла (температура «ядра» і «оболонки» тіла відповідно температура глибоких та поверхневих шарів тканин організму).

Клас та ступінь умов праці при роботі в приміщеннях з охолоджувальним мікрокліматом можуть бути знижені (але не нижче класу 3, ступеня 3.1) за умови забезпечення одягом з відповідною теплоізоляцією при відповідному режимі праці та відпочинку.

Якщо протягом зміни виробнича діяльність працівника проходить у різних умовах мікроклімату, їх потрібно оцінити окремо, а потім розрахувати середньозважену оцінку класу та ступеня шкідливості.

Таблиця 5.3 - Визначення ступеня шкідливості мікроклімату за зміну

Критерії визначення ступеня шкідливості	Клас та ступінь шкідливості
До 0,1	2 клас
Від 0,1 до 1,0	3 клас, 1 ступінь
Від 1,01 до 2,0	3 клас, 2 ступінь
Від 2,01 до 3,0	3 клас, 3 ступінь
Від 3,01 до 4,0	3 клас, 4 ступінь

Загальна оцінка встановлюється за алгоритмом, який враховує ступінь шкідливості і час дії на кожному рівні показника та дає змогу визначити

Інв.№поذل.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

середньозважену в часі змінну оцінку ступеня шкідливості мікроклімату. Час дії при рівнях показників, віднесених до 1 або 2 класу, не враховується.

Гігієнічна оцінка мікроклімату визначається відповідно до розрахованих балів згідно з таблицею 5.3 до цієї гігієнічної класифікації праці.

Для видів робіт, для яких регламентовано оптимальний мікроклімат, клас шкідливості визначається відносно оптимальних параметрів [38].

5.6 Пожежна безпека

Паливом для котельні є природний газ. Він є основною горючою речовиною. Газ – це речовина, при температурі 25 °С та тиском 101,3 кПа вибухонебезпечний. Вразі вибуху газу, швидкість розповсюдження вогню становить від 1 до 2000 м/с. В роботі з газом треба бути особливо уважним та дотримуватися правил техніки безпеки.

Причинами загоряння в котельні може бути: порушення вимог техніки безпеки при виконанні робіт з газоходом та ремонтом котлів; коротке замикання проводки; перегрів обладнання котельні; вибух котла; витік газу з газопроводу. Робота котла повинна бути припинена при виявленні: згасання полум'я пальника; зниження або підвищення тиску; відключення вентиляторів та димососів; розгерметизація котла.

Профілактичні міри запобігання пожежі. У приміщенні повинна бути передбачена вентиляція, що забезпечує повітрообмін. Передбачено захисну оболонку електроустаткування. Пожежна сигналізація виведена на щит керування котлом. Захист димососів від ударів блискавки за допомогою штучного заземлювача.

Характеристика системи протипожежного захисту: забезпечення потрібної вогнестійкості будівлі; забезпечення своєчасної евакуації; створення умов для ефективного пожежогасіння; своєчасна ліквідація пожежі [39].

Інв.№поділ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата
-------------	--------------	-------------	------------	-------------

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510252	Арк 66
----	-----	----------	-------	------	-------------	-----------

ВИСНОВКИ

Аналіз інформації та дослідження проведені в дипломній роботі показали, що виробництво теплової енергії з усіх різновидів біомаси динамічно та стрімко розвивається протягом останніх років. Ситуація в Україні аналогічна – із всього потенціалу біопалива, що використовуються роками для виробництва енергії, велика частка припадає саме на виробництво теплової енергії, хоч і в процентному співвідношенні показник використання теплової енергії з біомаси в загальному енергобалансі країни є не високим – близько 8%. Якщо ж аналізувати існуючі ціни та тарифи на викопні палива (природний газ, вугілля), а також на темпи утворення та використання теплової енергії і на кількість незадіяної біомаси, що утворюється, економічно доцільним буде впровадження котлів на твердому паливі.

Таким чином перехід на альтернативні види палива стає актуальним та екологічно доцільним, особливо для населення, хто отоплює будинки в районах садибної забудови міст та в приватному секторі. Однак при використанні твердопаливних установок та альтернативного палива, підвищується навантаження на навколишнє середовище так як викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря зростають. Обсяг забруднюючих речовин безпосередньо залежить від виду котла, параметрів процесу горіння, попередньої підготовки твердого палива.

Отже, аналізуючи всі попередньо преглянуті показники, а саме: оптимізацію процесу горіння твердого палива палива, використання ефективного виду котлу, а також фактори, що визначають склад та обсяги викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при спалюванні твердого палива, можна сказати слідує:

1. При сьогодняшній економічній ситуації та постійне підвищення тарифів на викопне паливо, вичерпна здатність паливно-енергетичних ресурсів,

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 19510252				Арк
									67
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

використання біологічного виду палива на даний момент є одним з пріоритетних напрямків енергетичної безпеки і підвищення енергетичної незалежності країни.

2. Опалювання житлової площі твердим паливом можливе в будь-яких індивідуальних системах опалення при дотриманні технічних вимог та техніки безпеки.

3. Задля найефективнішого використанні твердого палива необхідно враховувати підготовчий етап, що передбачає підсушення дров та правильне зберігання, що насамперед зменшує вологу при цьому йде зниження рівня викидів забруднюючих речовин.

4. Також необхідно уважно підходити до самого вибору твердого палива, так як різні види деревини та види твердого палива, дають різну тепловіддачу і впливають на ефективність опалювання.

5. При спалюванні твердого палива потрібно оптимізувати режими роботи котлів та процес горіння з урахуванням впливу на викиди занадто низької температури горіння, занадто короткому часі перебування палива в топці, нестачі/надлишку кисню.

6. Спалювання твердого палива в існуючих котлах необхідно розглядати з впровадженням теплоакумуляторів для зменшення навантаження на навколишнє середовище та підвищення ефективності системи в цілому.

7. Найбільш екологічно безпечним методом опалювання приміщень з використанням твердого палива, є установлення котлів тривалого горіння та котлів піролізного типу з одночасним використанням теплоакумулятору. В таких котлах висушування і піроліз/газифікація є першими етапами процесу згорання твердого палива, що приводить до випаровування вологи з твердого палива і відповідно зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

8. Стосовно найбільш збалансованої системи опалення, то можна сказати, що використання стандартного типу котла є більш економічно доцільним, тим

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 19510252	Арк
						68
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

самим потрібно приділяти більше уваги підготовленню твердого палива. Також з використанням теплоаккумулятору в системі буде відбутися економія палива до 30 % та підвищення ККД самого котла.

Інв.№поділ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510252

Арк

69

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Основні напрямки державної політики в галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки: Постанова Верховної Ради України// Відомості Верховної Ради України. - 1998.- №38-39. -С.248-298.

2. Иванов В. Опалення будинку твердопаливним котлом [Електронний ресурс] / Василий Иванов – Режим доступу до ресурсу: <http://opalennya.in.ua/opalennia-budinku-tverdopalivnim-kotlom/>.

3. Види альтернативного опалення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://tehnopost.kiev.ua/otoplenie/33-vidi-alternativnogo-otoplenia.html>.

4. Екологічні аспекти використання твердого біопалива для потреб теплопостачання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://tecom.com.ua/ekologichni-aspekti-vikoristannya-tverdogo-biopaliva-dlya-potreb-teplopostchannya-2.html>.

5. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВНИХ ПАЛИВНИХ РЕСУРСІВ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://bio.ukr.bio.ua/articles/3589/>.

6. ВИКИДИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://alter.ua/articles/pro-vikidi>.

7. Гелетуґа Г.Г., Железна Т.А., Олійник Є.М Аналітична записка БАУ №6 Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні 2015 р.

8. Товажнянський Л.Л., Масікевич Ю.Г., Солодкий В.Д., Сакара Ю.Д., Хлистуґн Н.Я., Шапорев В.П., Моїсеєв В.Ф. Управління природоохоронною діяльністю: Навч. посібник. - Харків: НТУ'ХП", 2002. -304 с.

9. Екологічне право України: Підручник / За ред. А. П. Гетьмана, М. В. Шульги. - Х., 2005.

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

10. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., МАСІКЕВИЧ Ю.Г., СОЛОДКИЙ В.Д., САКАРА Ю.Д., ХЛИСТУН Н.Я., ШАПОРЕВ В.П., МОІСЕЄВ В.Ф. Управління природоохоронною діяльністю: Навч. посібник. - Харків: НТУ"ХП", 2002. -304 с.

11. ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА СПОЖИВЧОЇ ПОЛІТИКИ НАКАЗ 22.09.2010 N 425 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0880-10#Text>.

12. Долинский А. А., Возможности замещения природного газа в Украине за счет местных видов топлива /А. А. Долинский, Г. Г. Гелетуха // Энергетическая политика Украины. – 2006. – № 3–4. – С. 60–65.

13. Дрозд К. В. Впровадження котельнь, що працюють на деревині / К. В. Дрозд // М+Т. – 2007. – № 2. – С. 54–56. 10. Автономная котельная на древесных отходах / Энергослужба предприятия. – 2008. – № 4(34). – С. 26–28.

14. Сравнение твердотопливных котлов [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ibud.ua/ru/statya/sravnenie-tverdoplivnykh-kotlov-101054>.

15. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Обзор современных технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии. Часть 2. // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 1999. - N 6, с.3-13 <http://biomass.kiev.ua/images/library/articles/wood2.pdf>.

16. Олейник Е. А. Европейский опыт использования древесины для теплоснабжения / Е. А. Олейник // Коммунальное хозяйство. – 2008. – № 2(10). – С. 30–33.

17. Практика впровадження твердопаливних котельнь у ЖКГ України [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aw-therm.com.ua/praktika-vprovadzhennya-tverdopalivnih-kotelen-u-zhkg/>.

18. Автоматика для твердотопливных котлов. Регуляторы тяги, вентиляторы, блоки управления. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://teplo-max.com/g464962-avtomatika-dlya-tverdoplivnyh>.

Інв.№поذل.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 19510252	Арк
						71
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

19. Для чего нужна автоматика на твердотопливных котлах? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.instaltrade.com.ua/heating-santehnika/dlya-chego-nuzhna-avtomatika-na-tverdotoplivnyh-kotlah/>.

20. Лабораторный практикум по курсу «Экология/Сост. Е.П. Кремлев и др.; Подобщ. ред. Е.П. Кремлева. – Гродно: ГрГУ,2002. – 159с.

21. Екологічно-економічні аспекти використання твердопаливних котлів різного типу [Електронний ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://eco.com.ua/content/ekologichno-ekonomichni-aspekti-vikoristannya-tverdopalivnih-kotliv-riznogo-tipu>.

22. Олефіренко, О.М. Використання біо-палива у житлово-комунальному господарстві як засіб підвищення еколого-енергетичної безпеки регіону [Текст] / О.М. Олефіренко // Механізм регулювання економіки. - 2009. - №4, Т.2. - С. 257-265.

23. Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря при спалюванні біомаси в твердопаливних котлах / А. С. Петрушанко, І. О. Рой, Є. В. Батальцев // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма ІV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 19-22 квітня 2016 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2016. — Ч.2. — С. 69-70.

24. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Обзор современных технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии. Часть 1. // Экологические технологии и ресурсосбережение. - 1999. - N 5, с.3-13 <http://biomass.kiev.ua/images/library/articles/wood1.pdf>

25. Олефіренко, О.М. Використання біо-палива у житлово-комунальному господарстві як засіб підвищення еколого-енергетичної безпеки регіону [Текст] / О.М. Олефіренко // Механізм регулювання економіки. - 2009. - №4, Т.2. - С. 257-265.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
------------	--------------	-------------	------------	--------------

26. ТЕПЛОАККУМУЛЯТОР ДЛЯ ТВЕРДОТОПЛИВНОГО КОТЛА, ДЛЯ ЧЕГО ОН НУЖЕН? [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://boilershop.com.ua/teploakkumulyator-dlya-tverdotoplivnogo-kotla/>.

27. Принцип работы теплоаккумулятора [Електронний ресурс]. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://vencon.ua/articles/printsip-raboty-teploakkumulyatora>.

28. Теплоаккумулятор, Аккумуляюча ємність - Що це таке? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://warmtap.com.ua/novini/teloakumuliator-akumulaiiucha-emnist-shcho-tse-take>.

29. Температура горения дров: от чего зависит и как повысить. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kamin-expert.ru/topka/temperatura-goreniya-drov.html>

30. Як підвищити ефективність твердопаливного котла на дровах? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.volynpost.com/news/117996-iak-pidvyschyty-efektyvnist-tverdopalyvnogo-kotla-na-drovah>.

31. ГКД 34.02.305—2002 Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – Київ: Видавництво “КВІЦ”, 2002. – 44 с.

32. Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря при спалюванні біомаси в твердопаливних котлах / А. С. Петрушанко, І. О. Рой, Є. В. Батальцев // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма ІV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 19-22 квітня 2016 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. — Суми : СумДУ, 2016. — Ч.2. — С. 69-70.

33. Твердотопливный котел DUO UNI Plus [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://alterp.ua/ru/catalog/kotel-duo-uni-plus/p5>.

34. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 65 с.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

					ТС 19510252	Арк
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		73

35. ГКД 34.02.305—2002 Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – Київ: Видавництво “КВІЦ”, 2002. – 44 с.

36. Ж. Аманжолов «Охорона праці і техніка безпеки» 2 видання. - Астана: Фоліант, 2011 р

37. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

38. МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/gigienichna_klasufikacija_praci.pdf.

39. ГОСТ 12.1.018-86. Пожарная безопасность. Электростатическая искробезопасность. Общие требования.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп і дата				
Ви	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				ТС 19510252
							74	