

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природоохоронних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Тема: «Технології зменшення викидів забруднювальних речовин
у атмосферне повітря від твердопаливних котлів»

Завідувач кафедри Пляцук Л.Д. _____

Керівник роботи Батальцев Є.В. _____

Консультант

з охорони праці Васькін Р.А. _____

Виконавець

студент групи ТС-81 Шапаренко Є.М. _____

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ _____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту _____ Шапаренку Єгору Миколайовичу _____ Група ТС-81

1. Тема кваліфікаційної роботи: Технології зменшення викидів забруднювальних речовин у атмосферне повітря від твердопаливних котлів

2. Вихідні дані: наукові статті, літературні джерела, Інтернет-джерела.

3. Перелік обов’язково графічного матеріалу:

1. Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних видів палива.
2. Різновиди та технічна класифікація твердопаливних котлів
3. Оцінка зниження рівня забруднення атмосферного повітря з удосконаленням теплоакумулятором.
4. Рекомендації та удосконалення системи теплоакумулятором.

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання 18 квітня 2022 р.

Керівник _____

к.т.н., асистент Батальцев Є.В.

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 29 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 57 стор., у тому числі 11 таблиць, 8 рисунків, список використаних джерел 4 сторінки.

Мета роботи полягає в технологіях та шляхах зменшення викидів забруднювальних речовин у атмосферне повітря від твердопаливних котлів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі **завдання**:

- провести порівняльний аналіз існуючих видів твердопаливних котлів та палива, що використовується;
- дослідити вплив різних факторів на склад та обсяги утворюваних забруднюючих речовин при спалюванні твердого палива;
- розробка рекомендацій та пропозицій для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Об'єктом дослідження є забруднення атмосферного повітря при спалюванні твердого палива.

Предмет дослідження – технології зменшення викидів забруднювальних речовин у атмосферне повітря від твердопаливних котлів.

Методи дослідження: аналітичний огляд літературних джерел, систематизація, узагальнення і статистичний аналіз інформації, аналіз літературних та інтернет-джерел.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШЬНОГО СЕРЕДОВИЩА, ТВЕРДОПАЛИВНІ КОТЛИ, ЗАБРУДНЕННЯ, ОЧИЩЕННЯ ВИКИДІВ, ВОЛОГІСТЬ ПАЛИВА, ОКСИД АЗОТУ, ТЕМПЕРАТУРА СПАЛЮВАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОГО СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА У ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛАХ	7
1.1 Актуальність використання твердого палива в Україні, та вплив на наколишнє середовище	8
1.2 Аналіз видів палива, що використовується у твердопаливних котлах	9
1.3 Екологічні аспекти використання деревних паливних ресурсів.....	12
РОЗДІЛ 2 ВПЛИВ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	16
2.1 Принцип роботи твердопаливних котлів, їх переваги та недоліки	16
2.2 Аналіз техногенного впливу теплогенеруючих установок малої потужності на навколишнє середовище	22
2.3 Вплив якості та виду палива на забруднення повітряного басейну	27
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ	34
3.1 Модернізація системи індивідуального опалення теплоакумулятором.....	34
3.2 Модернізація автоматикою теплогенеруючих установок малої потужності .	40
3.3 Рекомендації щодо зниження рівня забруднення атмосфери від котлів з використанням теплоакумулятора	41
РОЗДІЛ 4 ОХРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	44
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	54

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

ТС 18510219

Вип.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Технології зменшення викидів забруднювальних речовин у атмосферне повітря від твердопаливних котлів	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Шапаренко						
Перев.		Багальцев					4	57
Н.Контр Затв.		Багальцев Пляцук					СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС-81	

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогоднішні реалії війни та подальшої відбудови України привнесуть свої зміни в енергетичний комплекс країни. Зміни постачальників газу на європейських призведе до подорожчання тарифів на газ, через що буде зростати частка людей, які будуть переходити на альтернативні види опалення, а саме на використання твердих видів палива. Тверді види палива мають деякі переваги, а саме:

- дешевизна сировини;
- легкий спосіб видобутку;
- доступність великій кількості населення.

При цьому ж, не можна не сказати про «мінуси» даного виду палива. Очевидно, що теплотворна здатність більшості типів твердого палива значно вступає теплотворній здатності газу. Тобто для отримання такої ж самої кількості енергії при порівнянні потрібні більші об'єми сировини, наприклад, дерева для отримання деякої кількості енергії потрібно в два, а то й три рази більше, ніж газу. Це призводить до додаткових затрат по їх складуванню та транспортуванню.

Не можна не сказати, що з переходом на тверді види палива буде збільшуватися ризик зростання навантаження на навколишнє середовище, тому що при процесі горіння твердого палива утворюються викиди, склад яких має велику кількість забруднюючих речовин, які напряму попадають в атмосферне повітря.

Об'єм та склад забруднюючих речовин залежить від переліку факторів, а саме: типу твердопаливного котлу та принципу його роботи, якості сировини, температури згорання та інші.

Мета та завдання дипломної роботи полягає в аналізі шляхів зниження обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при використанні твердопаливних котлів.

Інв.№позид.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата					Арк 5
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510219				

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

- провести аналіз актуальності теми та позитивні, негативні наслідки заміни газових котлів на твердопаливні;
- проаналізувати існуючі типи твердопаливних котлів та порівняти результати з урахуванням безпечності для атмосферного повітря;
- проаналізувати вплив різноманітних факторів, що впливають на обсяги та склад викидів при використанні твердопаливних котлів;
- запропонувати шляхи для зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин при використанні твердопаливного котла.

Об'єктом дослідження є параметри, які впливають на обсяг та склад викидів при використанні твердопаливного котла.

Предметом дослідження є саме шляхи зниження обсягів викидів в атмосферне повітря від твердопаливних установок.

Методи дослідження: аналітичний огляд літературних джерел, систематизація, узагальнення і статистичний аналіз інформації, аналіз літературних та інтернет-джерел.

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510219				Арк
									6
					Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОГО СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА У ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛАХ

Найпростішим способом отримання енергії з твердого палива є технологія його прямого спалювання в котлах. Дана технологія є простою, роками вивченою та комерційно доступною. Проте питання знаходження методів підвищення інтенсивності та якості горіння залишається актуальним. Залишається важливим питання підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки процесу спалювання твердого палива в котлах. Спалювання біомаси є історично найстаршим та легким способом отримання енергії, тим самим у багатьох випадках метод вважається найдешевшим. У хімічному сенсі горіння — це перетворення всіх органічних матеріалів у вуглекислий газ і воду в присутності кисню (з атмосфери). Дуже неоднорідна структура хімічного складу та фізичних властивостей біомаси викликає певні труднощі як у процесі горіння, так і у викидах компонентів, які є побічними продуктами процесу згоряння.

Тому спалювання соломи, дерева тощо. за рахунок високої вологості (до 60% загальної маси), високої зольності (до 10%), низької щільності та високого вмісту летких компонентів (до 70-80%) характеризується низькою питомою теплотою згоряння на одиницю ваги, значні коливання фізико-хімічних властивостей, значні викиди токсичних елементів, спричиняють труднощі в контролі швидкості горіння та в забезпеченні постійного дозування, необхідність великої площі зберігання та проблеми з транспортуванням. Для процесу горіння необхідний доступ кисню (повітря), кількість якого залежить від маси та властивостей горючої сировини. Подрібнення біомаси може покращити контакт кисню з компонентами палива і, таким чином, сприяти кращому згорянню. Вологість спаленої сировини зменшує теплоту згоряння і впливає на теплову ефективність процесу горіння. Постійне вдосконалення системи управління та

Підп. і дата	Підп. і дата	Інв.№подоц.
Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Вип
Арк	№ докум.	Підп
Дата		

ТС 18510219

Арк

7

впровадження нових екологічних технологій і законів є необхідними для належної реалізації екологічної політики України [1].

1.1 Актуальність використання твердого палива в Україні, та вплив на наколишне середовище

Аналізуючи тенденції з використання твердопаливного опалення, можна зробити висновок, що основною проблемою є те що джерело є розсіяним, тому найбільшу небезпеку для життя людини і навколишнього середовища мають забруднюючі повітря штучного походження, як приклад системи індивідуального опалення. В процесі життєдіяльності людства в атмосферу щорічно надходять більш ніж 1550 млн т діоксиду сірки SO_2 , 210 млн т вуглеводів, 18 млн т оксиду азоту.

Далі наведено наслідки шкідливих речовин на людський організм. Отже, шкідливі речовини та їх наслідки на людський організм.

Окис вуглецю - перешкоджає поглинанню(абсорбуванню) кисню в крові, тим самим уповільнює рефлекси, викликає сонливість, послаблює розумові здібності, може призвести до втрати свідомості.

Свинець - вражає судинну, нервову та сечостатеву системи, призводить до можливого зниження розумових здібностей у дітей, накопичується в кістках.

Оксид азоту - може підвищити сприйнятливність організму до вірусних захворювань подразнюючи легені в подальшому викликаючи бронхіт і пневмонію.

Озон - подразнює слизові оболонки дихальної системи, викликає кашель, погіршує функцію легенів, знижує холодостійкість, загострює хронічні захворювання серця, може викликати астму, бронхіт.

Змішуючись з природними газами атмосфери та частинками пилу з найдрібнішими крапельками рідини, тим самим утворюючи аерозолі (туман і дим), стаючи характерною рисою міст і промислово розвинених країн. При

Підп. і дата	
Інв.№доудл.	
Взаєм.інв.№	
Інв.№доудл.	
Підп. і дата	
Інв.№доудл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк
8

спалюванні різних видів палива в атмосферу виділяється понад 20 мільярдів тонн оксиду вуглецю (CO). В останні десятиліття його склад в атмосфері постійно збільшується. Вуглекислий газ не тільки токсичний для людського організму, але й викликає глобальне потепління в атмосфері, відоме як «парниковий ефект», і призводить до зміни клімату з передбачуваними наслідками для всього живого [2].

В повітряні маси при горінні палива, потрапляє велика кількість чадного газу, концентрація(гранична) якого не повинна перевищувати 0,03 мг/л. Ця сполука ефективніше сприяє підвищенню гемоглобіну в крові, ніж кисень. Оксид вуглецю витісняє кисень і перешкоджає нормальному функціонуванню дихальних ферментів. В організмі людини замість оксигемоглобіну виробляється карбоксигемоглобін. У повітрі також можуть бути різноманітні вуглеводи, деякі з яких є токсичними та канцерогенними.

На обмін речовин у природі має значний вплив господарська діяльність людини, так як біосфера збагачується азотом під час спалювання досліджуваного палива, тобто торфу, деревини, пелет та інших речовин. Оксиди азоту потрапляють в атмосферу зв'язуються з водяною парою і утворюють кислотні сполуки, які випадають на ґрунт та інші поверхні у вигляді кислотних дощів, шкідливих для організмів. Теплопостачання населених пунктів України забезпечують 7435 підприємств усіх форм власності, у тому числі 28564 котелень загальною потужністю 158447,9 Гкал/год, з них 9934 твердопаливних котлів, з них 567 є котли рідкопаливні, газові - 19485 котлів [3]

1.2 Аналіз видів палива, що використовується у твердопаливних котлах

При опалюванні житлової площі важливим є вибір типу твердого палива, які відрізняються за багатьма параметрами і властивостями.

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510219				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

1.2.1 Дрова

Коли ми говоримо про такі види палива, як деревина, то можна сказати, що цей вид палива є найпоширенішим серед твердих речовин, оскільки повністю суха деревина виробляє близько $4540,81 \text{ ккал/кг} = 5,205 \text{ кВт/кг}$, тим самим залежність від ваги дуже висока. В залежності від сорту вага 1 м^3 може бути досить різною, так:

- маса берези - 430-470 кг;
- дуба - 520-550 кг;
- ялини - 340-360 кг;
- осики - 320-340 кг.

Крім того, надмірна вологість деревини знижує калорійність на 45-60% порівняно з повністю сухою деревиною, Також присутня залежність, що чим твердіша деревина, тим менше вологи в ній присутньо. Коли дрова будуть готові до спалювання в котлі, їх потрібно нарізати, подрібнити і висушити. Вологість дров, що зберігаються протягом одного року на складі 25-30%, а вологість у дворічного терміну 15-18%. Для нормальної експлуатації установки для обігріву житлових приміщень рекомендується деревина, вологість якої не повинна перевищувати 30%.

1.2.2 Брикети та гранули деревної тирси

Все більшої популярності з видів твердого палива набувають гранули тирси(пелети), які підходять для покупців автоматичних котлів з вакуумними камерами. Це паливо є альтернативою дорогому газу, так як у районах, куди не подається природний газ, пресована в гранули тирса є основним паливом для роботи автоматичного котла, тим самим будучи натуральним та екологічно чистим продуктом. Такі гранули мають вигляд циліндра 8 - 12 мм в діаметрі і 5-10 см в довжину, тим самим в процесі виробництва гранул, хімічні добавки і клеї не використовуються, бо будь-які домішки (зокрема неорганічного походження)суттєво впливають на якість зерна та викиди в НПС. Вважається

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

ТС 18510219

Арк

10

Вип Арк № докум. Підп Дата

якісним зерно, з калорійністю близько 4000 ккал/кг і більше, вологістю до 10% золи до 0,8%.

Тріска і тирса використовуються для виготовлення брикетів, які використовуються в людській печі. Калорійність брикетів і пелет з тирси-приблизно 4000-4300 ккал / кг або 4,7-5,0 кВт / ч. це паливо має здатність швидко поглинати вологу з навколишнього середовища, тому місця для зберігання повинні бути сухими. Контейнер з брикетами рекомендується тримати на відстані не менше 50 мм від Землі. Гранули для обігріву повинні бути сухими, не крихкими, без домішок, без дрібних трісок.

1.2.3 Тріска

Такий вид палива як тріска, утворюється з подрібнених деревних відходів і під час різання деревини під час механічної обробки, там самим маючи довжину 10-60 мм, вміст вологи в сировині при розрізанні становить близько 50%, тому матеріал доцільно просушувати для його подальшого використання.

Традиційно в європейських країнах необроблену деревину сушать в садах та на полях насипаючи великі куши та горби. Цей метод знижує вологість деревини до 35%, піддаючи сировину дії вітру та сонячних променів. Деревна тріска є основним паливом для промислових обігрівачів з автоматичними топками[4, 5].

1.2.4 Тирса

На деревообробних комбінатах та лісопилках завжди утворюються відходи, так звана тирса, яка може використовуватися як паливо для спеціальних видів теплогенеруючих установок. Первинна вологість коливається в межах 45-55% на лісопильних фабриках та може буди повністю сухою при виготовленні меблів, шліфуванні деревини, тощо. Тирса здебільшого використовується для котлів з автоматикою та сучасними топками.

Інв.№позид.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510219				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

1.2.5 Зерно, зернові відходи

Необхідність спалювання надлишку зерна та його відходів в деяких європейських країнах і частинах нашої країни є досить актуальним. Зерно має меншу калорійність за деревину и похідні від неї (3500 - 4150 ккал/кг в залежності від виду зерна), та при спалюванні утворюється 1-3% золи. Для опалення таким паливом потрібні спеціалізовані автоматизовані котли.

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

В якості палива для твердопаливних котлів часто використовують торф і вугілля. Вугілля користується великим попитом у споживачів, оскільки є одним з найдешевших і найбільш калорійних видів палива. Середня калорійність вугілля залежить від сорту – близько 5500-6000 ккал/кг, що відповідає 7,00 кВт/кг теплової енергії і 12% утворення попелу тазоли. Торф - паливо з високою зольністю (до 20%). Деревина та торф мають приблизно однакову калорійність, а при спалюванні вугілля утворюється в 2-3 рази більше викидів, тому доцільніше буде використовувати саме торф, чи деревину [4, 5].

1.3 Екологічні аспекти використання деревних паливних ресурсів

Деревина та деревне вугілля, брикет - це джерела екологічно чистої енергії.

У таблиці 1.1 наведена порівняльна характеристика теплотворної здатності брикетів порівнюючи з іншими видами палива:

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика теплотворної здатності різних видів палива [6]

Вид палива	Теплотворна здатність, МДж / кг
дерево (тверда маса, волога)	10
дерево (тверда маса, суха)	12
буре вугілля	16
брикети з деревних відходів	18
чорне вугілля	20
природний газ	32

Підп. і дата	
Інв.№доубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№пооди.	

ТС 18510219

Арк

12

Якщо говорити з екологічної точки зору доцільніше буде використання брикет з деревних відходів, але з економічної точки зору, більш вигідним є використання стандартної деревини, так як при спалюванні 1 тони брикету з дерева виділяється стільки ж енергії, скільки при спалюванні 1,5 тон деревини, 485 м3 газу, 500 літрів дизельного палива або 550-600 літрів мазуту.

Теплотворна здатність деревного брикету порівнянна з вугіллям і становить 4300 - 4500 ккал / кг. Продукти згоряння кам'яного вугілля значно впливають на забруднення атмосфери. Вміст сірки у вугільному шлаку більше ніж у 30 разів, ніж в брикетної золи, і шлаку утворюється (що вимагає утилізації) в 20 разів більше. При їх спалюванні виділяється величезна кількість шкідливих для організму людини речовин, у тому числі канцерогенів.

Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних енергоносіїв наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних видів палива [6]

Вид палива	Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без систем очищення, тон на 1 тис. тон нат. палива				
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	Тверді частинки (пил неорг.)	РАЗОМ
Природний газ	1,18	3,52	0,00	0,00	4,70
Древні брикети, пелети	4,68	9,31	0,28	4,11	17,69
Деревина дров'яна	4,9	9,4	0,3	4,3	18,9
Тирса деревна	5,0	9,6	0,5	5,0	20,0
Древні відходи, обрізки	5,2	9,9	0,4	5,2	20,7
Швидкозростаюча деревина	4,8	9,5	0,0	8,4	22,7
Тріска, сучки, кора	5,6	11,4	0,8	13,4	31,3
Мазут	5,20	5,20	35,30	0,30	45,90
Брикет торф'яний	8,04	26,81	3,00	13,02	50,87
Кам'яне вугілля	9,58	63,56	9,20	65,32	147,66

ТС 18510219

Арк

13

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

З таблиці 1.2 випливає, що деревне паливо (в першу чергу деревина дров'яна пелети і брикет) більш переважне, з точки зору забруднення атмосфери, у порівнянні з мазутом (тим більше з вугіллям), так як має практично "нульовий ефект" за викидами парникових газів, насамперед CO₂. Використання деревного палива в якості енергоносія в повній мірі відповідає положенням Кіотського протоколу, що стосуються обмеження та скорочення викидів парникових газів.

Кількість викидів від спалювання деревного палива залежить не тільки від його виду та складу, а й від його вологості та ефективності котла. Тому ефективне використання палива з дерева безпосередньо залежить від його приготування з урахуванням максимального видалення вологи. Цим вимогам насамперед відповідає деревне паливо у вигляді пелет, брикетів та вугілля [6].

Деревні гранули є енергетично стабільним безвідходним і екологічним видом біопалива. Застосування паливних гранул в Європі визнано і підтримується міжнародними екологічними фондами (NEFCO, SIDA та ін), а також громадськими організаціями. Використання біопалива зведено в ранг національних пріоритетів.

З використанням брикетів та пелет вирішуються як глобальні, так і локальні екологічні проблеми.

Найбільш значимими серед глобальних проблем є зниження парникового ефекту і ризику утворення кислотних дощів за рахунок зменшення викиду діоксиду сірки. У свою чергу скорочення концентрації кислотних дощів призводить до зниження дефоліації деревних рослин і в кінцевому підсумку - до збереження лісів. Деревні гранули, як похідні від деревини, є відновлюваним сировиною. Серед локальних проблем вельми істотне скорочення обсягів і екологічне використання відходів, а також зниження ризику надзвичайних ситуацій при транспортуванні палива, при якій відбувається забруднення навколишнього середовища (аварії з нафтоналивними танкерами, на продуктопроводах, електростанціях, в тому числі АЕС). А небезпека вибухів,

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк

14

аварій, шкідливих викидів просто незрівнянна в порівнянні з викопними видами палива.

Певні екологічні вигоди від використання деревини та пелет мають і приватні споживачі. Деревина і пелети можуть використовуватися в якості палива для камінів, печей і спеціальних котлів і забезпечують рівне і довготривале полум'я. При їх спалюванні різко знижується можливість збільшення концентрацій сірки в повітрі усередині приміщення, а також у приземному шарі повітря і в ґрунті поруч з будинком. Низька корозійна агресивність димових газів, що утворюються при спалюванні гранул, дає можливість конденсувати вологу димових газів і вивільнити приховану теплоту пароутворення, а також збільшити термін служби котельного обладнання.

Після спалювання деревини та деревних гранул утворюється незначна кількість відходів (1-3%), які можуть використовуватися як добриво. У їх складі практично немає сірки. Таким чином даний вид палива є екологічно вигідним так як за порівняльними даними деревина та пелети майже не утворюють відходів [7].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

15

РОЗДІЛ 2 ВПЛИВ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

2.1 Принцип роботи твердопаливних котлів, їх переваги та недоліки

В наш час на ринку продаж існує велика кількість твердопаливних котлів для створення тепла вдома та оптимальної температури. Один з варіантів – твердопаливні котли і відповідні види палива. Технології та агрегати постійно вдосконалюються, саме тому новітні твердопаливні котли працюють з КПД більше 85%, забезпечують економію палива, а якщо говорити про модернізовані установки вони дають можливість брати паливо з бункера і забезпечувати стабільність роботи не гірше газового [8].

Твердопаливні котли представляють відмінну альтернативу газовим або електричним опалювальним системам. Завдяки використанню різних видів твердого палива є універсальними паливними агрегатами, які відрізняються високою енергоефективністю. Щоб вибрати твердопаливний котел, потрібно знати які є різновиди, що відрізняються, якими перевагами і недоліками володіють.

Види твердопаливних котлів:

- піролізні котли;
- котли тривалого горіння;
- пелетні котли;
- теплоаккумулятори, як модернізація системи опалювання.

Традиційні твердопаливні котли є найдешевшими в цьому сегменті. Працюють такі агрегати на самих різних видах палива: дровах, торфі і вугіллі. Паливо згоряє в топці, нагріваючи теплоносій. Бувають чавунними і сталевими, з ручним або автоматичним способом завантаження палива. Є також моделі з варильними поверхнями. Істотним недоліком таких котлів є необхідність в

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

16

частому завантаженні палива і невисока енергоефективність. Робота на одній закладці дров триває 3-4 год, на вугіллі – 5-6 год, максимальний ККД 75-80%.

2.1.1 Піролізні котли

Піролізні котли, які називаються також газогенераторними, відрізняються особливостями конструкції і самого процесу згоряння палива. Процес горіння відбувається в двох камерах: в першій горять дрова або інше паливо, що виділяють в процесі піролізу газ, який піднімається у верхню камеру і там догорає. Для такого способу горіння потрібен надлишок кисню при високих температурах, в такому випадку відбувається розкладання палива на деревний газ і твердий залишок. При змішуванні піролізного газу з киснем запускається тривалий процес горіння. Це збільшує тривалість роботи котла в кілька разів і дозволяє автоматично контролювати сам процес. Час горіння однієї закладки дров 6-18 год, а ККД досягає 92%. Принципова схема піролізного котлу наведена на рисунку 2.1.

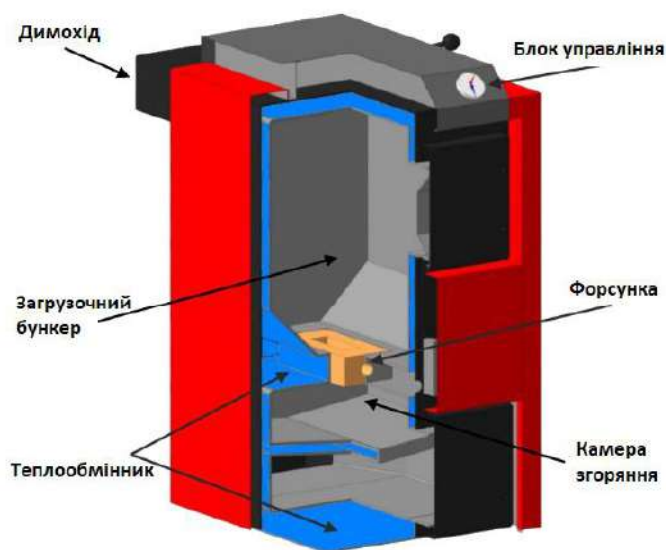


Рисунок 2.1 – Класична схема піролізного котла[9].

Підп. і дата	
Інв.№доубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№попдл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

триває набагато довше, а паливо згорає повністю. Сама система автоматизована, що значно полегшує експлуатацію даного обладнання. Робота на одному завантаженні дров збільшується до 12-36 год, а на вугіллі від 2 до 5 діб [10].

Твердопаливні котли тривалого горіння можуть бути двох видів: дров'яні – працюють тільки на дровах; універсальні – працюють на дровах, вугіллі, брикетах, пелетах, торфі.

Тобто, паливом для твердопаливного котла можуть служити не тільки традиційні дрова і вугілля, але і торф, якщо він у вашій місцевості більш доступний, ніж вугілля, і, досить нові технологічні види палива – брикети і пелетне паливо.

Брикети і пелети – нормовані паливні бруси (брикети) або гранули (пелети), виготовлені з висушеної, подрібненої і спресованої під великим тиском деревини, без будь-яких сполучних речовин, що характеризуються високою енергетичною концентрацією при дуже компактному обсязі, а так само низьким виділенням шкідливих речовин в атмосферу.

Котли тривалого горіння на дровах бувають абсолютно автономні, оскільки не потребують електроенергії, оснащені біметалічним регулятором тяги (регулює доступ повітря в камеру згорання, відповідно, температуру води), який діє на основі здатності спеціального речовини розширюватися і стискатися під дією температур, закриваючи або відкриваючи заслінку. До автономних дров'яних котлів можна додати автоматику і вентилятор наддуву.

У той же час більшість моделей універсальних котлів спочатку оснащені вентилятором наддуву і контролерами управління, що вже прив'язує їх до джерела електроенергії, але зате робить їх використання більш комфортним.

Найбільш часто в якості палива для даного виду опалювального обладнання використовують антрацит, кам'яне або буре вугілля, брикети, рідше – дрова. Все залежить від зони проживання .

До переваг даних котлів можна віднести:

- тривала робота без втручання та подавання палива (до 1,5 доби);

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

19

- мінімальні викиди вуглекислого газу в атмосферу;
- ККД роботи котла досягає 90%; що в результаті дає дуже економне витрачання палива при високій ефективності [11].

Схема твердопаливного котла тривалого горіння наведена на рисунку 2.2.

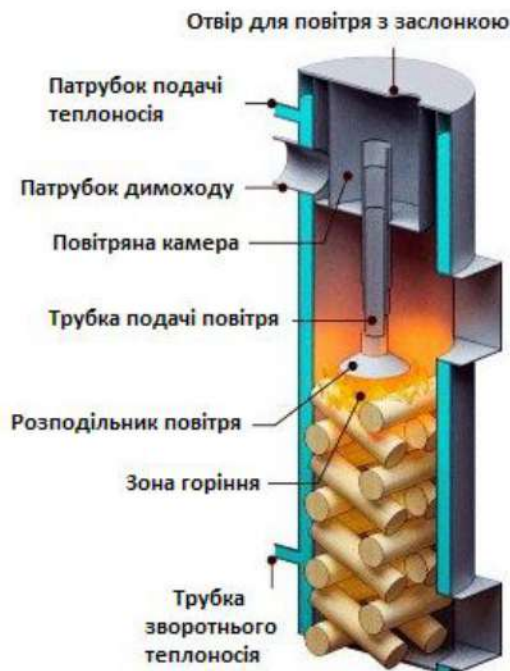


Рисунок 2.2 – Класична схема твердопаливного котлу тривалого горіння

2.1.3 Пелетні котли

Обираючи тип твердопаливного котла, слід звернути увагу на вид палива, який в ньому застосовується. Сучасні моделі можуть працювати на різних видах енергоносіїв. Це можуть бути звичайні дрова, тріска або тирса, торф'яні брикети або вугілля різних видів і сортності. Особливою популярністю користуються пелетні котли, які відрізняються високою продуктивністю і екологічністю [12].

Комплект такого обладнання складається з наступних конструктивних елементів: бункера, автотранспортера і пальника. З допомогою транспортера пелети подаються в пальник, потім підпалюються, і котел починає функціонувати в автоматичному режимі. Від обсягу бункера залежить тривалість його роботи, яка може досягати декількох місяців. Жоден з твердопаливних котлів не може працювати так довго без обслуговування. Процес горіння в таких котлах

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк

20

відбувається під впливом високого тиску. Повітря нагнітається примусово, і гранули спалюються практично повністю. Завдяки використанню шнекової передачі, пелети завантажуються в бункер поступово. Як тільки припиняється подача палива, котел гасне. Котли на пелетах розрізняються за типом пальників. Пальникові пристрої бувають ретортними і факельними. Обидва типи пальників працюють автоматично і забезпечують надійну і безперебійну роботу обладнання. Схема пелетного котлу зображено на рисунку 2.3.

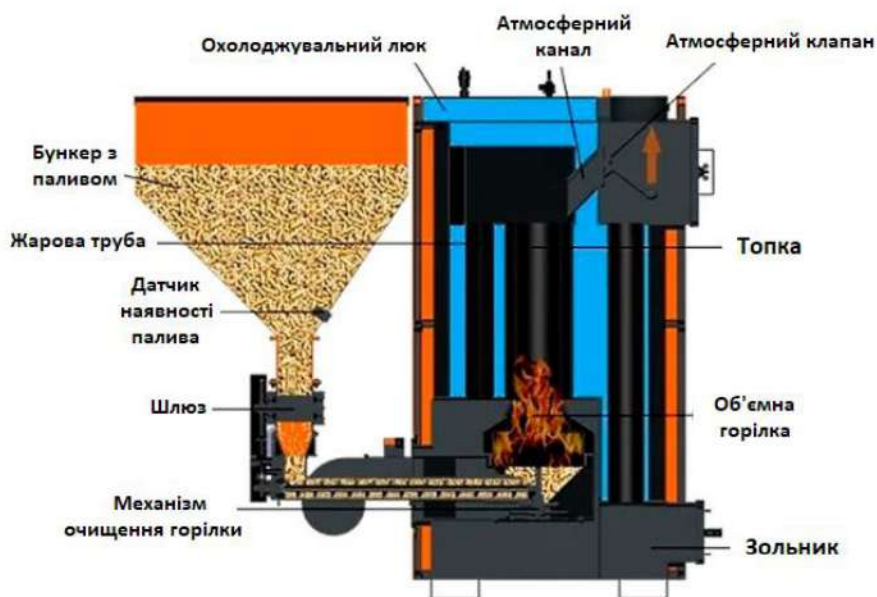


Рисунок 2.3 – Схема пелетного котлу

Переваги пелетних котлів:

- висока тепловіддача (ККД до 92%);
- екологічно чистий (мінімальний викид забруднюючих речовин у повітря);
- можливість автоматизації та удосконалення;
- тривалий час горіння в топці;
- легкість в модернізації (додатковий терморегулятор) [13].

Крім того, з точки зору впливу на НПС, можна сказати, що екологічність досягається особливою конструкцією котлів, в яких повітря для горіння не потрапляє в приміщення, а тепло, що виділяється при згорянні, нагріває воду і житлову площу, а також не впливає на природу, тобто присутні мінімальні викиди парникових газів даного типу котлів. Тому пелети можна вважати екологічно

Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Інв.№пооди.	Підп. і дата	
Вип	Арк	№ докум.
	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

21

Теплова енергія та її виробництво для потреб населення України забезпечується системами централізованого теплопостачання, що охоплюють близько 65% споживачів, та так звані індивідуальні системами теплопостачання (котли малої потужності).

Попит на теплову енергію задовольняють приблизно 34 великих теплових електростанцій (частка теплопостачання - 20%), приблизно 210 промислових установок (25%) та понад 110 тис. котелень (до 55%), включаючи побутові генератори та вторинні джерела живлення, нетрадиційні та рециркуляційні джерела тепла. Більшість когенераційного обладнання технічно застаріло і не відповідає сучасним екологічним стандартам і нормам та все ще потребує покращень та перебудов. Більшість систем опалення - це невеликі котли для промислового або автоматизованого застосування. Щодо палива, то основним джерелом для котлів і котлів малої потужності є природний газ - 53-60% (мазут - 13-15%, вугілля - 28-34%).

У Міністерстві будівництва та житлово-комунального господарства України наголосили, що кількість котлів на кінець 2019 року становила 36 637 одиниць і що потужність: 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.

Аналіз ситуації в Україні містить усі передумови для глобального розширення використання біомаси для виробництва та використання енергії. Одним із симптомів є потенціал значної біомаси, яка придатна для виробництва енергії. Найбільшу частку потенціалу становлять відходи сільського господарства та біомаса енергетичних культур. Залежно від основної культури і врожайності економічний потенціал коливається в межах 24-33 млн. т/рік, що становить 13-20% від основного споживання палива в Україні. Питання потенціалу біомаси детально розглянуто в аналітичній записці БАУ № 1 [15].

За останні роки від потенціалу біомаси, що використовується у виробництві енергії, деревина та різні види біомаси в Україні найбільш активно використовуються, а також альтернативні види палива солома та лушпиння

Підп. і дата
Інв.№доудл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№пооди.

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк

24

соняшнику. Згідно з остаточною версією енергетичного балансу України, підготовленої Держстатом України [15], частка ВДЕ у кінцевому валовому споживанні енергії становить 4,62%, у тому числі біомаса – 2,38%, з яких 63% припадає на ВДЕ, тобто на 1,61 млн. тонн в порівнянні з 2016-2018 рр., відбулося значне збільшення частки біомаси в загальному первинному енергозабезпеченні - збільшення на 24% з 1,52 до 1,88 млн. У наступних роках очікується подальше збільшення використання ВДЕ, у зв'язку з необхідністю заміни частини природного газу альтернативними видами палива та впровадженням технологій та заходів щодо прискорення цього процесу.

Національний план дій щодо відновлюваних джерел енергії визначає головну мету для розвитку сектору біомаси та ВДЕ в Україні – частка ВДЕ у кінцевому споживанні енергії має досягти 11% до 2020 року. Біомаса є важливою складовою ВДЕ та приносить користь - це сектор опалення та охолодження - 500 000 тис. т н.е./рік у 2021-2022 роках, що становитиме 85% частки всіх відновлюваних джерел енергії, табл. 2.1 [15].

Також планується встановити електростанцію на біомасі потужністю 950 МВт і протягом кількох років використовувати на транспорті 390 тис. тонн біопалива (біоетанолу та біодизеля).

Таблиця 2.1 – Розвиток національної індикативної цілі ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні поетапно з 2009 по 2020 р. та розрахункові траєкторії її досягнення [15].

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

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк
25

Тому для досягнення цієї мети Україна має непоганий потенціал біомаси для виробництва енергії – за минулорічними оцінками понад 28 млн тонн на рік., що наведені в таблиці 2.1. Основними джерелами біомаси та потенційних компонентів є первинні сільськогосподарські відходи (наприклад, солома, відходи кукурудзи, пшениці та соняшнику) та енергетичні культури, де вирощування в останні роки набуло великого поширення в країні.

Таблиця 2.2 – 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

В даний час в Україні для потреб енергії використовується лише близько 10% від загального потенціалу біомаси - 2,8 млн. тонн пт/рік, таблиця 2.3. Більшість деревної біомаси використовується у вигляді дров, тріски, пелет,тюків (86% від

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

ТС 18510219

Арк

26

Вип. Арк. № докум. Підп. Дата

споживання загальної річної біомаси) та лушпиння соняшнику (8%) Найменше використуваних рослинних відходів – 94 тис. т на рік.

Таблиця 2.3 - 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%	
Лушпиння 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%	

Нині в Україні налічується понад 42000 сучасних котлів на дровах, які містять понад 250 на соломі та близько 80 на корі соняшника, а також населення використовує десятки тисяч печей і котлів на дровах та пелетах.

Одним із ключових питань є забезпечення наявності палива, необхідного для всіх запланованих біоенергетичних установок. За даними [15] видно, що цілі, поставлені на найближчі роки реальні, що для подальшого розвитку необхідна широке залучення відходів сільського господарства (солома, кукурудза/соняшник) та енергетичних культур у паливно-енергетичному балансі країни.

2.3 Вплив якості та виду палива на забруднення повітряного басейну

Порода деревини

При використанні теплогенеруючої установки малої потужності ефективність і якість роботи залежить від того, як паливо підготовлено до

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510219	Арк
						27

спалювання(дерево, пелети чи інші види). Котел буде працювати гірше, тим самим обігриваючи приміщення не так ефективно, а в подальшому и сам котел швидше зіпсується, тому що при спалюванні вологого палива буде накопичуватися більше смоли та сажі.

При виборі сорту необхідно орієнтуватися на щільність деревиния, тому що таке паливо буде найбільш ефективне і горіти довше. Листяні породи мають більш щільну структуру, ніж хвойні дерева. Крім того, перші більш краще горять, що дозволяє прогріти котел швидше. При виборі буде врахована і ціна палива. Іноді хвойні породи можуть коштувати набагато дешевше. Тому його використання є більш економічним, але не настільки ефективний. На додаток до того ми також зацікавлені у виробництві тепла або максимальної температури, якої можна досягти в котлі при спалюванні певних видів деревини різних сортів. Деякі створюють плавне, високе полум'я під час горіння, в той час як деякі мають низький вогонь, але також показують високі температури безпосередньо в камері згоряння. Таблиця 3.1 показує теплоутворення та температури згоряння різних видів деревини [16].

Таблиця 3.1 – Жароутворення та температура горіння різних порів 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
Осіна	51	552
Тополя	39	468

Зберігання палива

Для ефективного використання дров в системі опалення основним завданням є захист деревини від вологи та гниття. Рекомендується запобігти дощу, залишаючи паливо під кришкою, при цьому вентиляція деревини важлива

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата	ТС 18510219	Арк
						28

Метод розрахунку для визначення викидів заснований на використанні показника емісії. Величина викидів парникових газів вказує на кількість забруднюючих речовин, які установка викидає в повітря разом з чадними газами на одиницю енергії, що виділяється при згорянні палива. Це залежить від багатьох факторів. Є два показники викидів – узагальнений і специфічний.

Узагальнений показник емісії забруднювальної речовини є середнє значення викидів для окремих електростанцій. Деякі технології спалювання палива деякі види палива з урахуванням заходів щодо зниження викидів незалежно від 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 атмосферу від спалювання твердого палива залежать від нижчої теплоти згорання палива та ефективності роботи котла. Розглянемо докладніше, як ці значення впливають на викиди. Висушування та піроліз/газифікація є першими кроками в процесі згорання твердого палива, тому під час сушіння волога випаровується, тим самим це знижує температуру в топці та йде уповільнення процес горіння. Випаровування води, що міститься в деревині, і подальше нагрівання пари вимагає великої кількості енергії. Це призведе до зниження температури нижче мінімального рівня, необхідного для забезпечення процесу горіння. Таким чином, вологість є одним з найважливіших параметрів палива і безпосередньо впливає на нижню теплоту згорання палива.

Викиди в повітря від спалювання твердого палива явно залежать від вологості твердого палива.

Вологість палива

При лісозаготівлі 35-45% деревної маси – це волога. Опалюючи такою деревиною житло ви отримуєте не тепло, а пару. Сушити дрова потрібно до тих пір, поки вологість не знизиться хоча б до 25%. Чим сухіше паливо, тим краще

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк

30

воно горить. Висока вологість не просто означає менше тепла, але також забруднення димоходу смолою та викиди в атмосферу [19].

Вологість деревини залежить від методу її виробництва і зберігання за формулою 2.1:

$$W = \frac{\rho_w \cdot 112}{\rho_{12}} - 100 \quad (2.1)$$

де ρ_w - щільність деревини при вологості W , кг/м^3 ; ρ_{12} - щільність деревини при нормальній вологості $W = 12 \%$, кг/м^3 .

Використання твердого палива з високою вологістю в першу чергу зменшує ККД, що проілюстровано на рис. 2.4.

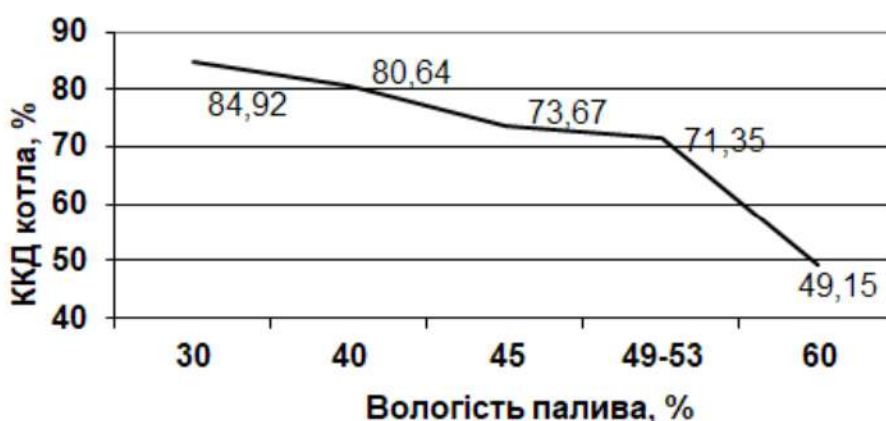


Рисунок 2.4 – Залежність ККД котла від вологості твердого палива

При зростанні вологості твердого палива, зростають викиди забруднюючих речовин, що наглядно зображено на рис. 2.5.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

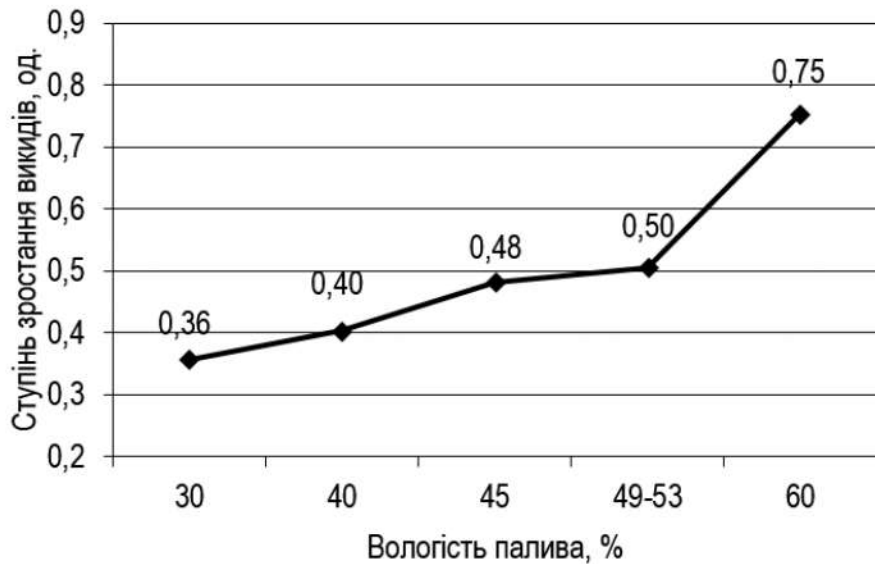


Рисунок 2.5 – Ступінь зростання обсягів забруднюючих речовин в залежності від вологості палива [19].

Також на обсяги забруднюючих речовин впливає температура згорання твердого палива, рис. 2.6, а найбільш оптимальна температура горіння палива знаходиться в межах 800 - 1100 °С.

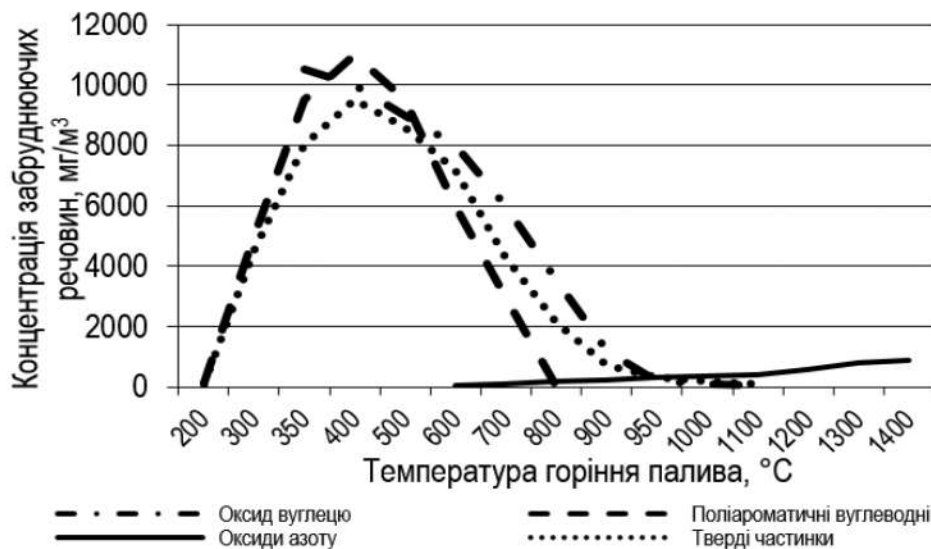


Рисунок 2.6 – Залежність викидів забруднюючих речовин від температури згорання палива

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

Таким чином, спостерігається чітка залежність викидів від вологості твердого палива. Так, при вологості 49-53% викиди збільшуються в 1,4 рази порівняно з 30% вологістю, а при вологості 60% викиди більш ніж вдвічі (2,1).

Аналіз концентрацій деяких забруднюючих речовин у димових газах, рис. 3.3, показав, що концентрації речовин при температурах від 800 до 1100 °С, що характеризують робочий режим котлів, становлять для оксиду вуглецю – 3500 мг/м³, оксидів азоту – 200 мг/м³, поліароматичних вуглеводнів – 50 мг/м³, твердих частинок – 2100 мг/м³, та залишаються достатньо високими. Однак найбільшу небезпеку становлять викиди забруднюючих речовин при температурах від 200 до 800 °С, що характеризують нестационарний режим роботи котлів (загорання або затухання твердого палива), концентрації речовин зростають у 10 і 100 разів порівняно з робочим режимом, так концентрації речовин становлять для оксиду вуглецю – 10500 мг/м³, поліароматичних вуглеводнів – 11000 мг/м³, твердих частинок – 9500 мг/м³.

Інв.№покл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510219	Арк
						33
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата		

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЇ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ

3.1 Модернізація системи індивідуального опалення теплоакумулятором

Використання новітніх твердопаливних котлів на дровах, де процес горіння відбувається не тільки при спалюванні деревини, але також і деревного газу, який виділяється при спалюванні палива при високих температурах. У твердопаливних котлах дров'яний газ проходить через спеціальне обладнання, наприклад форсунки, і горить дуже чистим полум'ям, який іноді майже біло-блакитного кольору.

Слід зазначити, що твердопаливні котли при нагріванні до 85 °С відносно ефективні і мають високий ККД, шляхом спалювання деревини піролізом і практично не утворюють цим самим кіптяви та золи під час роботи. Цей показник дуже корисний, оскільки найменше впливає на навколишнє середовище. До недоліків твердопаливних піролізних котлів можна віднести їх високу енергоємність і більш високу ціну в порівнянні зі звичайними твердопаливними котлами [20, 21].

При виборі системи опалення з твердопаливним котлом, у порівнянні з іншими видами теплогенераторів, варто приділити більше уваги витраті палива, оскільки різниця у вартості твердопаливних котлів більша, ніж у газового котла.

Якщо говорити про гідравлічні системи опалення, їх використання підходить для великих площ будинку. Основна перевага автоматичних систем опалення в твердопаливних котлах - це доступність і низька вартість палива.

Недоліки більшості автоматичних систем опалення з твердопаливними котлами також очевидні: вони не можуть працювати в повністю автоматичному режимі і вимагають регулярної заправки і очищення пальників котла. Цей аргумент не підтримується оточенням, тому що попіл і кіптява є різновидом забруднення, бо ефективність спалювання твердого палива в котлах нижче, а

Підп. і дата	
Інв.№доубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№пооди.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

34

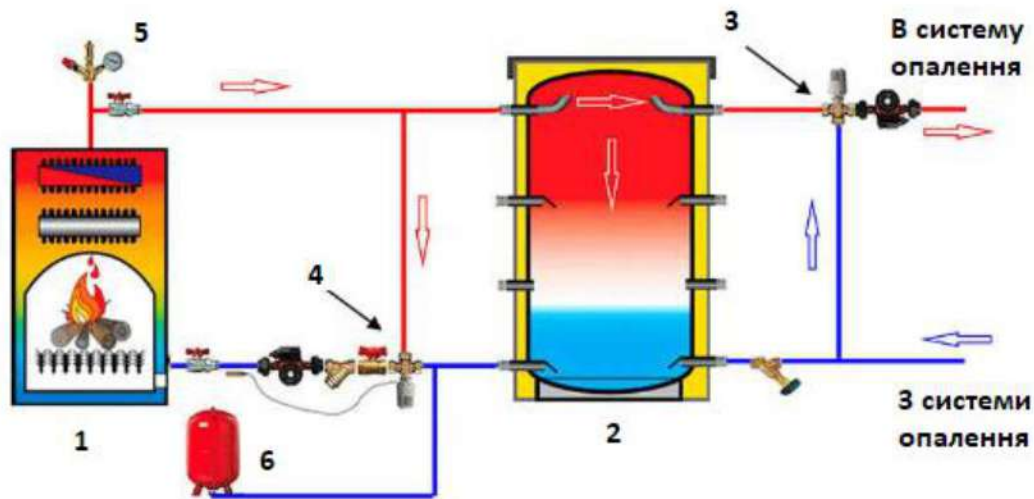


Рисунок 3.1 – Схема класичного підключення теплоакумулятора до котла: 1 - твердопаливний котел; 2 - теплоакумулятор; 3 - вузол змішування системи опалення; 4 - вузол підмішування теплоносія з подачі для захисту котла; 5 - група безпеки; 6 - злив з системи, бак розширення.

Зараз пропонуються різні системи, придатні для установки акумуляторних баків. Якщо джерело живлення часто коливається, для цього бак необхідно встановити вище рівня радіатора системи. Конструкція джгута складається з двох клапанів, (обратні та триходові термостати) і циркуляційні насоси котла. Реалізація такого проекту дуже проста. Термостатичний клапан зазвичай має постійну робочу температуру для подачі теплоносія в котел (50-65 °С), тим самим поки котел не досягне необхідної температури, клапан не випускає холодну воду з теплового акумулятора. При досягненні заданої температури теплоносії подається з бака в контур котла. Не обов'язково встановлювати робочу температуру в котлі на 65-60 °С, рекомендується встановлювати оптимальну робочу температуру в межах від 70 до 80 °С, але деякі моменти системи опалення тут необхідно враховувати через високу температура охолоджуючої рідини, бо мешканці будинку відчувають себе незатишно. Тому зазвичай встановлюють спеціальні елементи для змішування гарячої води з бака з холодною водою, якщо немає живлення. При вимкненні насоса відкривається спеціальний зворотний

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк

36



Рисунок 3.2 – Схема підключення теплоакумулятора до системи опалення

Якщо коротко, то установка теплового акумулятора має ряд переваг:

1. Твердопаливні котли працюють ефективніше, так як при інтенсивному горінні котел працює і максимально нагріває систему, а під час паузи температура горіння падає і паливо згорає. Котел в свою чергу все ж далі випромінює надлишкову теплову енергію, що летить, наприклад, в трубопровід з мінімальним ефектом.

Використовуючи тепловий колектор для зберігання тепла, ви можете контролювати процес горіння і зберігати теплову енергію. ККД котла максимальний, а кількість шкідливих викидів в атмосферу зменшується. Паливо згорає повністю і при високих температурах.

2. Термін використання котлу збільшується, оскільки у поєднанні з тепловим акумулятором установка виробляє до 2 разів більше теплової енергії, ніж зазвичай, хоча і працює менше.

3. Зменшити використання деревени, в тому числі тим самим скоротити викиди небезпечних речовин. Якщо ви встановлюєте теплоакумулятор в систему опалення, котел нагріває вашу систему та теплоакумулятор. Коли котел горить, а дрова в системі опалення закінчуються, тепло підтримується в накопичувальному баці. При правильному виборі теплового акумулятора можна зберегти тепло в

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

системі опалення до 11 годин, що додатково обтяжує котел. Тому система, модернізована теплоаккумулятором, буде працювати довше, ніж без нього і відносно висока економія палива (близько 30-35%).

4. Безпека системи опалення. Наприклад при відключенні електрики, без природної циркуляції котел може перегрітися. Використання баку допоможе вам уникнути цього, оскільки теплоаккумулятор поглинає надлишок тепла [24].

3.2 Модернізація автоматикою теплогенеруючих установок малої потужності

Більш сучасний та автоматизований режим роботи і ККД твердопаливних котлів визначається основним блоком, який виконує роль вентилятора і блоку управління. Завдяки цим приладам підтримується задана температура в системі опалення без контролю з боку людини за роботою приладу. Автоматика може бути встановлена як на сучасних котлах, де уже в конструкції передбачені місця для модифікацій і для твердопаливних котлів моделей старіших.

Існує кілька видів автоматики для поліпшення котлів та системи вцілому

- блок управління твердопаливним котлом, який є найкращим способом автоматизації. Система опалення стає повністю автоматизована для підтримки необхідної температури в системі. Залежно від моделі та застосування блок управління часто контролює роботу таких пристроїв, як вентилятори та циркуляційний насос.

- контроль тяги, популярна і недорога твердопаливна автоматика. Перевагами є дешевизна, простота монтажу, надійність і простота обслуговування. Пневматичний регулятор тиску для твердопаливного котла необхідний для контролю температури теплоносія в системі опалення шляхом зміни ступеня відкриття заслінки, збільшення або зниження її з температурою. Це збільшує потік повітря, щоб стимулювати горіння, і зменшує потік повітря, щоб припинити горіння. і точно регулює температуру теплоносія рідини в системі

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк

40

опалення. Регулятор тяги показує точну температуру теплоносія. Збільшує час горіння твердопаливних котлів (на 15-20%).

- вентилятори та турбіни для пришвидшення роздувки та згоряння палива у пальнику. Завдяки цим пристроям повітря вдувається в котел, особливо в камеру згоряння для підвищення температури та жароутворення. Використовується також для вентиляції технологічного обладнання та приміщень та підтримки необхідної температури для нормального функціонування котельні [18].

Тому процеси, які зазвичай автоматизовані в твердопаливних котлах, поділяються за типом використовуваного палива та автоматизацією установки, однак є деякі загальні процеси, які можна класифікувати відповідно до того, що вони керують:

- контроль димоходу, а саме тяги. (вентиляція);
- горіння в пальнику котла;
- підтримувати нормальний тиск в системі охолодження та теплоносія;
- швидкість тепловіддачі теплоносія;
- контроль гарячого водопостачання
- подача палива в топку(пальник);
- регулювати температуру в котельні [25].

3.3 Рекомендації щодо зниження рівня забруднення атмосфери від котлів з використанням теплоаккумулятора

Опираючись на дані дипломної роботи та табличного аналізу, графічного матеріалу та схем можна зробити висновок, що при використанні твердого палива необхідно враховувати деякі властивості палива, саме деревини, а також процес підготовки та зберігання. Найважливішим показником при загальному аналізі проблеми технології зниження викидів ЗР в атмосферне повітря від спалювання палива є вологість деревини . Якщо вона знаходиться в межах 50-55%, то ККД котла знижується, тобто ККД становитиме 70-80% (рис. 2.4), при вологості 30-

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510219					Арк
										41
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата						

35% ККД підвищиться до 80-85. % і буде більш ефективним, що зменшить швидкість викидів (рисунок 2.5).

Слідуючий крок у використанні твердопаливних котлів є використання високих температур горіння та оптимізація процесу. Для можливих показників зниження викидів в атмосферу слід використовувати обладнання з більш високою температурою горіння. Порівняння проаналізованих обчислювальних даних (рис. 2.6). Можна сказати, що при 450-500 °С концентрація забруднюючих речовин в середньому на 60% вище, ніж при 750-800 °С. Досягнення необхідної високої температури дозволяє використовувати екологічно чисті теплові котли, удосконалюючи їх у вигляді теплового акумулятора. Більш вичерпні та систематичні дані наведені в таблиці 3.1[26].

Таблиця 3.1 - 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
	Разом	30 500	8050

Зрозуміло, що при горянні палива з використанням високої температури концентрація ЗР зменшується, тим самим додаємо, що використання теплового акумулятора забезпечить повне згоряння палива. Це зменшило кількість викидів ЗР під час згоряння (табл. 3.2) [27].

Підп. і дата	
Інв.№доудл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

42

Таблиця 3.2 - Обсяги викидів кг на 1 тон нат. палива від температури горіння палива [27].

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
Тверді частинки	4,3	1,505
Разом	9,5	3,34

Проаналізувавши використану статистику та проведені розрахунки, можна констатувати, що в системах опалення використовуючи високотемпературні котли та теплові акумулятори, можна досягти меншого негативного впливу на НПС та раціонального використання ресурсів (зменшення використання палива на 30%) Основною перевагою використання теплових колекторів як технології зниження викидів при згорянні твердого палива, є зниження концентрації та об'єму забруднюючих речовин. Так концентрація ЗР 30500 мг/м³ становить 8050, з них викиди зменшуються з 9,5 кг/т до 3,34, що в середньому становить 60-65%.

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв.№докл.	Взаєм.інв.№
Вип	Арк
№ докум.	Підп
Дата	Дата

ТС 18510219

Арк

43

РОЗДІЛ 4 ОХРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вимоги до індивідуального теплового пункту в житловому приміщенні

При розміщенні індивідуального теплового пункту (ІТП) під житловою кімнатою (кімнатом) необхідно взяти принаймні наступних додаткових заходів щодо ІТП для забезпечення безпеки експлуатації та звукоізоляції.

Швидкість теплоносія в трубах ІТР не повинна перевищувати максимально допустиму швидкість в системах опалення та внутрішнього опалення для еквівалентно допустимого рівня шуму 25 дБА (згідно з додатком Р), робочого тиску не більше 16.105 Па (16 бар), робоча температура теплоносія не перевищує 100 °С.

Циркуляційні насоси, циркуляційне змішування, підсилення, джерела живлення тощо повинні мати мокрий ротор з швидкістю не більше 1450 об/хв і плавний пуск.

Крім джерела живлення, насоси, встановлені в змінних гідравлічних контурах, повинні мати перетворювач частоти з класом фільтра електромагнітних шумів не нижче А1/В згідно ДСТУ CISPR 11 і позиційною категорією С2 згідно ДСТУ IES 61800, низька частота корпусу. ніж IP54. Насоси з повною частотою перетворювачі повинні мати ступінь захисту не нижче IP44.

Для відкритих систем опалення перетворювач частоти повинен мати функцію компенсації потоку для автоматичного зниження встановленого тиску, коли швидкість потоку низька. При заповненні системи трубопроводів перетворювач частоти повинен мати функцію захисту від водяного удару. Рекомендується використовувати перетворювач частоти з можливістю управління (планування) вищого рівня. Рекомендується використовувати

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

44

перетворювач частоти з функцією виявлення аварійного падіння тиску в системі трубопроводів.

При необхідності (залежно від потужності насоса та рекомендацій виробника) насос слід підключити до шланга за допомогою віброізоляційних вставок.

Насоси, встановлені на основі або рамі, повинні мати віброзахисну пластину (вставку) і закріплюватися віброізоляційною пластиною.

Силові кабелі повинні бути екрановані та заземлені.

Регулюючі клапани, що входять до складу регулятора теплового потоку та/або регулятора температури, слід використовувати без тиску.

Соленіоди не допускаються. (електромагнітні), включаючи джерела живлення, клапани, крім аварійних

Запірні клапани та фітинги слід використовувати для одного рівня робочого тиску, вищого за вказаний (наприклад, робочий тиск 8 105 Па (8 бар), наступний рівень робочого тиску вище 10 105 Па (10 бар)), тому закритий. Клапани - регулюючі клапани та обладнання повинні мати робочий тиск 16 105 Па (16 бар) Якщо насос теплової мережі не має автоматичного круїз-контролю.

Зворотний клапан повинен бути підпружинений. Не допускається використання зворотних клапанів. крім клапана, вбудованого в насос. Позаду насос і кран без прямої ділянки труби, що забезпечує постійний потік. Теплопроводи повинні мати суцільні опори на відстані не менше 2 м від зовнішніх стін будівлі. Кріплення труб і арматури до стелі не допускається. Під трубами та опорами під час кріплення до будівельної конструкції необхідно розташовувати вібраційні ущільнювачі.

Прокладка труб в периметральній конструкції будівлі не допускається. Трубні отвори повинні містити зазор між теплоізоляційною поверхнею труби і будівельною конструкцією. Заповнення щілин має бути забезпечено гнучкими вітрозахисними матеріалами.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк

45

відновлюються в стані спокою або перед подальшими змінами) і не повинні негативно впливати на медичних працівників та їх нащадків.

3 рівень (небезпечні умови праці) - стан, що визначає рівень шкідливих виробничих факторів, що перевищують санітарні норми і можуть негативно впливати на організм працівника та/або його нащадків. За рівнем перевищення санітарних норм і тяжкістю можливих змін в організмі оператора вони поділяються на 4 рівні:

Рівень 1 (3.1) - умови праці, що визначаються рівнем шкідливих факторів у виробничому середовищі та робочих процесах, які викликають функціональні зміни крім фізіологічних коливань (вони відновлюються довше, ніж на початку наступної зміни. перериває контакт з шкідливими факторами) і підвищує ризик погіршення здоров'я, у тому числі виникнення професійних захворювань.

Рівень 2 (3.2) - експлуатаційні умови з рівнем шкідливих факторів у виробничому середовищі та виробничому процесі, які можуть викликати безперервні несправності. Більшість із них призводить до захворювань, пов'язаних із підвищенням продуктивності та окремих випадків професійних захворювань, які виникають після тривалого впливу.

Рівень 3 (3.3) - умови праці, що визначаються рівнем шкідливих факторів у виробничому середовищі та робочих процесах, крім зростання хронічних захворювань, інвалідність (виробнича та тимчасова непрацездатність) призводить до розвитку професійних захворювань.

Рівень 4 (3.4) - умови праці з рівнями шкідливих факторів у виробничому середовищі та в трудових процесах, які можуть призвести до значного зростання хронічної патології та захворювань з тимчасовою втратою працездатності, а також розвитку серйозних професійних захворювань.

4 клас (небезпечні умови праці) - умови, що характеризуються рівнем шкідливих факторів виробничого середовища та виробничих процесів, що діють під час робочих змін. (або деякі) є небезпечними для життя, існує високий ризик гострого нещасного випадку на виробництві. включаючи тяжкі симптоми

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

47

Особливий характер роботи - завдання, що виконуються з високим рівнем нервового, емоційного та інтелектуального навантаження. з природно-спеціальної географії та геології і стани, які загрожують погіршенню здоров'я.

4.3 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 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Класи умов праці за показником ТНС-індексу* для виробничих приміщень незалежно від періоду року та відкритих територій у теплу пору 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	26,7	27,5	28,7	більше 31,0
				-	-	-	-	
1б	140-174	20,2-22,8	22,9-25,8	26,6	27,4	28,6	31,0	більше 30,3
				-	-	-	-	
2а	175-232	19,2-21,9	22,0-25,1	25,9	26,2	27,0	28,0	більше 29,9
				-	-	-	-	
2б	233-290	18,2-20,9	21,0-23,9	26,1	26,9	27,9	30,3	більше 29,1
				-	-	-	-	
3	більше 290	17,0-18,9	19,0-21,8	25,2	25,6	26,3	27,4	більше 27,9
				-	-	-	-	
				25,5	26,3	27,3	29,9	
				24,0	24,3	25,1	26,5	
				-	-	-	-	
				24,2	25,0	26,4	29,1	
				21,9	22,3	23,5	25,8	
				-	-	-	-	
				22,2	23,4	25,7	27,9	

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

Таблиця 4.2 – 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.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Вип. №	
Підп. і дата	
Інв. №	

				ТС 18510219			Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата			49

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 кло= $0,155^{\circ}\text{C м}^2/\text{Вт}$).

При опроміненні людського тіла понад $100 \text{ Вт}/\text{м}^2$ необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, в тому числі промислові ТГК для обличчя та очей, незалежно від пори року та на відкритих просторах влітку.

Рекомендується гігієнічна оцінка впливу мікроциркуляції при використанні спеціального захисного одягу (наприклад, утеплювача) в умовах опалення та в суворих умовах (під час ремонту) за фізіологічними показниками теплового стану людини.

При роботі на вулиці влітку необхідно звернути увагу на параметри мікроклімату, які наведені в додатках 2, 5, 6 цієї гігієнічної класифікації робіт.

Підп. і дата	
Інв.№доудл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

50

Вхідне охолодження - поєднання параметрів мікроклімату, що змінюють теплообмін тіла, призводить до повної або локальної нестачі тепла в організмі (> 0,87 кДж/кг).

Ступінь і рівень умов праці при роботі в приміщенні з прохолодним мікрокліматом можуть бути знижені. (але не нижче 3, розряду 3.1) за умови належного утеплення одягу з відповідним режимом праці та відпочинку.

Якщо під час зміни виробнича діяльність оператора проходить в різному мікрокліматі, їх слід оцінювати окремо, а потім оцінювати середньозважене класу і ступінь пошкодження.

Загальна оцінка визначається за допомогою алгоритму, що враховує ступінь небезпеки та тривалість дії на кожному рівні показника, і допомагає визначити середнє зважене за часом змінних рейтингу небезпеки мікроклімату. Тривалість виконання на рівні показників, зазначених у 1 або 2 типі, не враховується.

Санітарну оцінку мікроклімату визначали за балом, розрахованим згідно з таблицею 4.3 цієї гігієнічної класифікації робіт.

Таблиця 4.3 - 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

Для видів робіт, для яких регламентовано оптимальний мікроклімат, клас шкідливості визначається відносно оптимальних параметрів [29].

Інв.№пооди.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 18510219				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

2. Опалення житлових територій деревиною можливе в індивідуальних системах опалення відповідно до технічних вимог та заходів безпеки.

3. Для найбільш ефективного використання твердого палива необхідно передбачити підготовчу процедуру. Це включає сушіння дров і правильне зберігання, тим самим знижуючи вологість і рівень викидів в атмосферне повітря.

4. До підбору твердого палива також потрібно бути уважним та продумувати всі показники. Тому що дрова і різні види твердого палива забезпечують різну тепловіддачу і впливають на ефективність опалення.

5. При спалюванні твердого палива необхідно оптимізувати роботу котла та процес горіння, враховуючи вплив на викиди занадто низьких температур горіння. Час фокусування палива занадто короткий, нестача/надлишок кисню та інше.

6. З метою зниження навантаження на навколишнє середовище та підвищення загальної ефективності системи слід розглянути спалювання твердого палива в існуючих котлах із впровадженням теплових акумуляторів.

7. Найбільш екологічно чистим методом обігріву приміщень твердим паливом є встановлення котлів тривалого горіння та котлів піролізного типу з одночасним використанням теплових колекторів. В таких котлах висушування та піроліз/газифікація є першими кроками процесу згоряння твердого палива. Це призводить до випаровування вологи з твердого палива і, як наслідок, зниження викидів в атмосферу.

8. Для максимально збалансованої системи опалення можна сказати, що використовувати стандартний котел економічно вигідніше. Тому необхідно більше уваги приділяти підготовці твердого палива. Крім того, використання теплових акумуляторів в системі дозволить заощадити до 30% палива і підвищити ККД котла.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

53

<https://bio.ukr.bio/ua/articles/3589/>

8. 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.

9. Дрозд К. В. Впровадження котелень, 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.

10. Сравнение твердотопливных котлов [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://ibud.ua/ru/statya/sravnienie-tverdotoplivnykh-kotlov-101054>.

11. 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>

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

13. Практика впровадження твердопаливних котелень у ЖКГ України [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://aw-therm.com.ua/praktika-vprovadzheniya-tverdopalivnih-kotelen-u-zhkg/>.

14. ВИКИДИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ [Электронный ресурс] –Режим доступа до ресурсу: <https://alter.ua/articles/pro-vikidi>.

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

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

17. Як підвищити ефективність твердопаливного котла на дровах? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:

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

										ТС 18510219	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата							55

<http://www.volynpost.com/news/117996-iaak-pidvyschyty-efektyvnist-verdopalyvnogo-kotla-na-drovah> .

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

19. 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.

20. Гелетуша Г.Г., Железная Т.А. Обзор современных технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии. Часть 1. // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 1999. - N 5, с.3-13

<http://biomass.kiev.ua/images/library/articles/wood1.pdf>.

21. 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.

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

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

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

25. Для чего нужна автоматика на твердоотопливных котлах? Електронний

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата
-----	-----	----------	------	------

ТС 18510219

Арк

56

ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.instaltrade.com.ua/heating-santehnika/dlya-chego-nuzhna-avtomatika-na-tverdoplivnyh-kotlah/>.

26. 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

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

28. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

29. 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.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Дата

ТС 18510219

Арк

57