

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

студента Козаревич Семен Вікторович
(ПІБ)
академічної групи 101М-19з-1
(шифр)
спеціальності – 101 «Екологія»
(код і назва спеціальності)
за освітньо-професійною програмою – «Екологія»
(офіційна назва)
на тему Обґрунтування напрямів зниження рівня екологічної небезпеки
спалюванні брикетів із відходів кукурудзяної патоки
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
роботи	Бучавий Ю.В.		
розділів:			
Теоретичного	Бучавий Ю.В.		
Дослідницького	Бучавий Ю.В.		
Технологічного	Бучавий Ю.В.		
Охорони праці	Столбченко О.В.		
Економічного	Павличенко А.В.		
Рецензент			
Нормоконтролер	Ґрунтова В.Ю.		

Дніпро
2020

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:
 завідувач кафедри ЕТЗНС
 _____ Павличенко А.В.
 (підпис) (прізвище,
 ініціали)
 « » _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра
студенту Козаревич С.В. академічної групи 101М-19з-1
 (Прізвище, ініціали) (група)

спеціальності 101 «Екологія»
 (код і назва спеціальності)

на тему Обґрунтування напрямів зниження рівня екологічної небезпеки
спалюванні брикетів із відходів кукурудзяної патоки, затверджену наказом
 ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.11.2020 № 987-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Досліджено паливно-енергетичні властивості брикетів та обсяги емісії від їх спалювання	09.09.2020 03.11.2020
Дослідницький	Проведено оцінку екологічної небезпеки від забруднення атмосферного повітря при спалюванні брикетів	30.09.2020 24.11.2020
Технологічний	Проведено аналіз сучасних твердопаливних котлів з високою ефективність й низьким рівнем викидів небезпечних речовин	11.11.2020 30.11.2020
Охорона праці	Наведено інструкції з техніки безпеки для встановлення газоочисного обладнання	20.11.2020 5.12.2020
Економічний	Розраховано вартість витрат на встановлення твердопаливних котлів та системи очищення димових газів	1.12.2020 15.12.2020

Завдання видано _____
 (підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: _____
 Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
 (підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 83 с., 16 рис., 12 табл., 6 додатків, джерела.

Мета кваліфікаційної роботи - обґрунтувати заходи щодо зниження екологічної небезпеки при спалюванні брикетів з відходів кукурудзяної патоки.

В теоретичному розділі досліджено паливно-енергетичні властивості брикетів та обсяги емісії від їх спалювання.

В дослідницькому розділі проведено моделювання поширення забруднюючих речовин при спалюванні брикетів та оцінено ступінь небезпеки від забруднення атмосферного повітря за санітарно-гігієнічними нормами.

В технологічному розділі проведено аналіз сучасних твердопаливних котлів з високою ефективністю й низьким рівнем викидів небезпечних речовин, також рекомендовано обладнання для очистки димових газів.

В розділі охорона праці наведено інструкції та узагальнені рекомендації з техніки безпеки при встановленні та експлуатації пилегазочістного обладнання.

В економічній частині визначається вартість витрат на встановлення твердопаливних котлів та системи очищення димових газів.

В висновках подані рекомендації щодо подальшого використання матеріалів роботи.

Практичне значення роботи полягає в зниженні небезпеки від спалювання брикетів із відходів кукурудзяної патоки .

ПАЛИВНІ БРИКТИ, ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ, ТВЕРДОПАЛИВНІ КОТЛИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ГРАНИЧНО-ДОПУСТИМА КОНЦЕНТРАЦІЯ, ДИМОВІ ГАЗИ, СКРУББЕР.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ З ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ	8
1.1 Досвід та перспективи використання паливних брикетів з органічних відходів в Україні та країнах ЄС	8
1.2 Аналіз теплоенергетичних та фізико-хімічних властивостей паливних брикетів	12
1.3 Висновки до розділу	28
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ СПАЛЮВАННЯ БРИКЕТІВ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	29
2.1 Методичні підходи до оцінки рівня забруднення атмосфери від спалювання органічного пального	29
2.2 Результати аналізу з моделювання поширення забруднюючих речовин в сільській місцевості.....	33
2.3 Висновки до розділу	36
РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЗІ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ СПАЛЮВАННІ БРИКЕТІВ.....	38
3.1 Аналіз котельних установок з низьким рівнем емісії забруднюючих речовин	38
3.2 Обґрунтування вибору устаткування для очищення димових газів.....	53
3.3 Оцінка ефективності очищення запропонованої схеми.....	56
3.4 Висновки до розділу	57
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВСТАНОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПИЛЕГАЗОЧІСТНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	58
4.1 Рекомендації щодо заходів безпеки при експлуатації скрубєрів.....	58
4.3 Організація і технологія виконання робіт по монтажу очисного обладнання	60

4.4 Загальні вимоги техніки безпеки при роботі циклонів	65
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	68
5.1 Розрахунок капітальних витрат на установку фільтра твердопаливного котлу Kraft-S та скрубєру MRC-47	68
5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат	69
5.3 Розрахунок екологічного податку за забруднення атмосфери.....	71
5.4 Розрахунок економії екологічного податку за забруднення атмосфери в результаті установки очисного обладнання	71
5.5 Розрахунок терміну окупності.....	73
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	76
Додаток А.....	78
Додаток Б	80
Додаток В.....	81
Додаток Г	82
Додаток Д.....	83

ВСТУП

В останні часи у зв'язку із підвищенням цін на вуглеводне паливо, зокрема природний газ, вугілля чи мазут для вироблення теплової або електричної енергії все частіше використовують відходи деревообробної та сільськогосподарської промисловості у вигляді паливних брикетів.

Такий підхід має явні переваги – з одного боку утилізуються органічні відходи за зберігання яких підприємство має витратити власні кошти й водночас отримується безкоштовна енергія.

Паливні брикети мають відносно високі теплові властивості (18 МДж/кг) у порівнянні із звичайною деревиною та бурим вугіллям. Після спалювання деревних гранул утворюється незначна кількість відходів (1-3%), які можуть використовуватися як добриво. У їх складі практично немає сірки.

Деревне паливо менш небезпечно, з точки зору забруднення атмосфери, у порівнянні з торфом, мазутом та вугіллям, оскільки має невисокі показники викидів парникових газів, насамперед двоокису вуглецю. Таким чином використання деревного палива в якості енергоносія більш відповідає положенням Кіотського протоколу, що стосуються обмеження та скорочення викидів парникових газів.

Проте при спалюванні будь-якого органічного пального утворюються небезпечні забруднюючі речовини атмосфери, обсяги яких залежать як від видів палива так і від їх фізико-хімічних властивостей. Крім того, сьогодні деревинні брикети використовуються у якості пального переважно в приватному господарстві або на котельних малої потужності. На практиці ж в таких випадках системи очищення газопилових викидів від котлів малої потужності або відсутні або є примітивними, розрахованими на утримання лише твердих речовин.

Таким чином, виникає необхідність в оцінці безпеки від спалювання брикетів та розробці заходів зі зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин. Що і стало темою даної роботи.

Об'єкт дослідження – характеристики екологічної небезпеки від спалювання органічних брикетів

Мета роботи – обґрунтувати заходи щодо зниження екологічної небезпеки при спалюванні брикетів з відходів кукурудзяної патоки

Для досягнення мети були виконані наступні завдання:

- Дослідити паливно-енергетичні властивості брикетів та обсяги емісії від їх спалювання;
- Дослідити ступень небезпеки від забруднення атмосферного повітря при спалюванні брикетів;
- Провести аналіз сучасних твердопаливних котлів з високою ефективністю й низьким рівнем викидів небезпечних речовин. Запропонувати обладнання для очистки димових газів;
- Розробити інструкції з техніки безпеки для встановлення та експлуатації пилегазочісного обладнання;
- Розрахувати вартість витрат на встановлення твердопаливних котлів та системи очищення димових газів

Апробація роботи проводилась на секції 10 VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації».

За результатами доповіді надруковано тези:

Козаревич С.В., Бучавий Ю.В. Зниження екологічної небезпеки при спалюванні вуглеполігнінових брикетів із відходів кукурудзяної патоки // Молодь: наука та інновації: Матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 27 листопада 2020 року). – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. Т.10 – С. 175–176.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ З ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

1.1 Досвід та перспективи використання паливних брикетів з органічних відходів в Україні та країнах ЄС

Проблема ресурсозбереження нині життєво важлива для української держави. Адже, хоча населення України нині становить лише 1% усього населення планети, ми споживаємо 2% всіх енергоресурсів Землі – тобто у двічі більше середньостатистичного землянина. Якби Україна зменшила споживання енергоресурсів хоча б удвічі, вона б цілком могла б стати незалежною енергоресурсною державою.

Але для цього необхідно проводити сучасні методи нафтогазодобування, вводити в експлуатацію нові розвідані родовища, відносити старі свердловини і пробурити нові, на вже начебто використаних родовищах, розвивати вугільну промисловість, розширити видобуток бурого вугілля, торфу, увести до ладу нові потужності гідроелектростанцій, запровадити режим суворої економії енергоресурсів та електроенергії хоча б на побутовому рівні. Нині ж Україна забезпечує себе власними енергоресурсами лише на 20%, сплачуючи за російський газ ціну вище світової [2].

Якщо оцінювати потенціали енергозбереження у секторах економіки України, то слід визнати, що не електроенергетика (“велика енергетика”) має найбільший потенціал у галузі енергозбереження (вона споживає 22-23% котельно-пічного палива, яке використовується в країні), а промислова, житловокомунальнопобутова теплоенергетика і теплотехніка (споживається близько 70 % такого палива). Саме в цих галузях паливно-енергетичного комплексу зосереджено основний потенціал збереження енергоресурсів. Але сьогодні головними постачальниками тепла є котельні і теплові електростанції [4].

За умов обмеження коштів у паливно-енергетичному комплексі України найближчим часом не вдасться спорудити потужні капіталомісткі об'єкти енергетики довготривалого будівництва (для цього потрібно 8-10 років). Необхідно орієнтуватися на реалізацію інноваційних проектів із залученням вітчизняних та іноземних інвестицій для створення сучасних конкурентоспроможних, швидкоокупних, енергоефективних й енергозберігальних екологічно чистих технологій та установок, що потребують порівняно невеликих капіталовкладень і термінів будівництва (не більше 2—3 років). Випробувані у промислових умовах нові технології, обладнання, вимірювальні прилади та системи керування спроможні швидко забезпечити технічне переобладнання діючих і спорудження нових об'єктів теплоенергетики з істотним підвищенням ефективності енергогенерування та енерговикористання і поліпшенням екологічних показників.

Однією з галузей, яка потребує комплексної модернізації, є комунальна теплоенергетика. У житлово-комунальній теплоенергетиці України виникла ціла сув'язь техніко-технологічних, екологічних, економічних та соціальних проблем. Тому завдання комплексної модернізації комунальної теплоенергетики є надзвичайно актуальним для держави, оскільки така модернізація підвищить її енергетичну безпеку. Пріоритетними напрямками розвитку комунальної та промислової теплоенергетики є:

- 1) розробка і впровадження нових котлоагрегатів, технологій комбінованого виробництва тепла та електроенергії (когенерація);
- 2) застосування технологій та обладнання для утилізації теплоти відхідних димових газів;
- 3) залучення нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії, місцевих паливно-енергетичних ресурсів;
- 4) широке використання приладів, систем контролю, автоматизації і керування енергетичними об'єктами.

Кардинальні зміни у теплоенергетиці та опалювальних системах неможливі без освоєння серійного виробництва основних видів сучасного

обладнання, зокрема котлів. Інститутом технічної теплофізики НАН України розроблено високоефективні опалювальні котли потужністю від 0,63 до 2 МВт, які вже є у серійному виробництві [9].

Останніми роками посилюються тенденції децентралізації енергетики. Одна з таких тенденцій – когенерація, а саме – створення малих теплоелектроцентралей малої і середньої потужності з використанням сучасних газотурбінних і газопоршневих двигунів як надбудов над існуючими котельнями, технологічними печами у муніципальній та промисловій теплоенергетиці. Така технологія виробництва теплоти й електроенергії з термодинамічного погляду ефективніша порівняно з тим, коли електроенергія генерується на електростанціях, а теплопостачання забезпечують котельні.

Якщо традиційні установки комбінованого виробництва енергії – теплові електроцентралі – мають коефіцієнт корисного використання палива 75-78%, то когенераційні установки на базі теплофіксаційних котелень – 90-92%. Необхідні капіталовкладення – 300-600 дол. США на 1 кВт встановленої потужності. Термін їх окупності всього 2-4 роки, введення в експлуатацію – 1-1,5 року. Така технологія виробництва електроенергії може дати Україні до 16 млн кВт електричних потужностей. Реалізувати ці проекти слід з техніко-економічним обґрунтуванням для конкретних умов та комплексним розв'язанням проблем підвищення ефективності роботи котла.

Загалом з реалізацією усіх перелічених заходів можна досягнути економії і вивільнити понад 20 млрд м³ природного газу на рік. Здійснення запропонованої програми сприятиме виконанню низки ратифікованих Україною міжнародних угод і договорів щодо охорони довкілля, зокрема Кіотського протоколу до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. Крім того, якісне, безперебійне і задоступними цінами постачання населення України енергоносіями – один з магістральних напрямів зниження соціальної напруженості у суспільстві [10].

Державна політика в галузі теплоенергетики керується на підставі Закону України «Про теплопостачання» (2633–IV), Закону України “Про житлово-

комунальні послуги” (1875–IV), Закону України “Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу” (2509–IV), Закону України “Про Загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово–комунального господарства на 2004–2010 роки” (1869 – IV); розпорядження Кабінету Міністрів України “Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р”. (145–2006–р), розпорядження Кабінету Міністрів України “Про затвердження плану заходів на 2006-2010 роки щодо реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2030 року” (436–2006–р), Стратегічного плану роботи Мінжитлокомунгоспу України, підготовленого на виконання доручення Кабінету Міністрів України (протокол №34 від 09.07.2008 р.) [11].

Отже, теплові електростанції є найпоширеніші в Україні, які за характером обслуговування споживачів є районними. Вони виробляють майже 2/3 усієї електричної енергії в державі. За останні 30 років потужність цих станцій зросла у 5 разів. Частка вугілля в структурі палива, яке використовують теплові електростанції, велика. Їх перевагою є відносно вільне розміщення та вдвоє менший обсяг капіталовкладень.

Теплова енергетика України, створення якої фактично завершилось у 70-80 роках після введення в експлуатацію великих теплових електростанцій потужністю до 3000 МВт, останнім часом гостро відчула залежність від імпортованих поставок палива, переважно природного газу та мазуту. Водночас даються взнаки і наслідки скорочення обсягів вітчизняного видобутку основного палива – вугілля при зниженні його якості. Не варто забувати і про старіння енергетичного обладнання станцій – у середньому в галузі знос становить майже 70%. Це призвело до зниження коефіцієнта корисної дії з розрахункових 37-39% до 30-33%.

Економічного фактору в розвитку теплоенергетики реально не існувало і подальше ігнорування економічних стимулів може серйозно підірвати енергетичну безпеку України. Країні потрібна нова енергетична політика.

Енергетична галузь – одна з основних галузей промисловості, від функціонування якої залежить не лише економічний стан країни, так як вона є основою технічного процесу, а й екологічний – за масштабами впливу на навколишнє середовище ця галузь посідає одне з перших місць.

В результаті спалювання палива в навколишнє середовище потрапляють такі забруднюючі речовини: летка зола, сірчистий і сірчаний ангідрид, оксиди вуглецю і азоту, сполуки ванадію, солей натрію і ін. Що призводить до виникнення кислотних дощів, погіршення стану здоров'я населення (зниження імунітету) та теплового забруднення.

Отже, проблема полягає в тому, що системи, які б мали запобігати потрапляння цих речовин в навколишнє середовище на сьогоднішній день майже не працюють або взагалі відсутні і потребують значних удосконалень.

1.2 Аналіз теплоенергетичних та фізико-хімічних властивостей паливних брикетів

Найбільш безпечним в екологічному сенсі викопним паливом вважається природний газ, оскільки у продуктах його згоряння немає золи, а викиди оксидів сірки, що утворюються у ході спалювання, є незначними порівняно з викидами від використання інших викопних ресурсів, завдяки дуже низькому вмісту сірки у природному газі (до 0,02 %).

Однак Україна недостатньо забезпечена власним природним газом та іншими викопними енергоресурсами (рис. 1.1). Завдяки власному видобутку потреби країни можуть бути забезпечені лише частково: нафтою - на 10-12 %, природним газом - на 20-25 %, вугіллям - на 85-90 % [9].

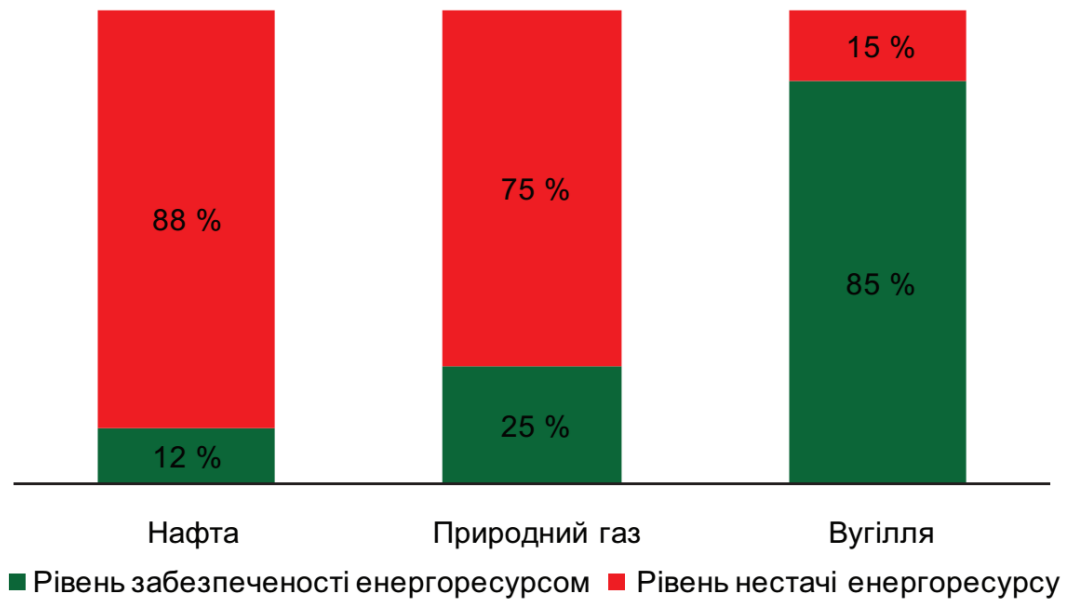


Рисунок 1.1 Забезпеченість України власними викопними енергоресурсами

Для зменшення залежності від імпортерів, в Україні розпочали пошуки альтернативних джерел енергії та розробку нетрадиційних технологій видобутку викопного палива. Однією з таких технологій є видобуток сланцевого газу, що міститься в дрібнозернистих осадових породах, які характеризуються відносно високим вмістом органічної речовини та мають низьку пористість і дуже низьку проникність.

Технологія видобутку сланцевого газу передбачає нагнітання високого тиску в породі внаслідок постачання в неї через свердловину робочої рідини - пропанту, яка викликає гідравлічний розрив пласта і відкриває доступ до сланцевого газу. Для отримання пропанту використовують величезну кількість води (від 11 до 15 тис. м³ для однієї свердловини) та понад 500 різних хімічних речовин, серед яких важкі метали і природні радіоактивні матеріали [10].

Після розриву пласта утворення в ньому тріщин неможливо контролювати, а це може призвести до змішування прісних і сольових ґрунтових вод, що в подальшому перетвориться на багатокілометрові солончаки на місці полів і лісів.

Під час буріння свердловин для видобутку сланцевого газу, крім водного середовища, суттєво забруднюється повітря. У США (єдиній, крім Канади, країні, що має практичний досвід видобутку сланцевого газу) було підтверджено забруднення повітря внаслідок буріння свердловин бензолом та іншими потенційно токсичними нафтовими вуглеводнями (такими як етилбензол, толуол і диметилбензол), які викликають подразнення слизової оболонки очей, головний біль, біль у горлі, проблеми з диханням і високий ризик захворювання на рак, зокрема, лейкемію [11]. Крім того, транспортування і зберігання природного газу є вибухонебезпечними.

Як видно з рис. 1.2, на даний час вугілля - єдиний викопний енергоресурс, потребу в якому Україна може майже цілком покрити за рахунок власних запасів, однак його видобуток також тягне за собою серйозні екологічні наслідки. Видобуток вугілля призводить до утворення підземних порожнин і нагромадження відвалів гірської породи - териконів.

Підземні порожнини з часом провалюються, а прилегла поверхня поступово просідає та затоплюється ґрунтовими водами, що призводить до руйнування природних екосистем. Терикони ж не лише псують природний ландшафт, а й становлять значну небезпеку для людей. Вугілля всередині відвалів здатне до самозаймання, у ході якого відбувається виділення фтору та хлору (на початкових етапах горіння), розклад карбонатів до моно- та діоксидів вуглецю, а також дегідратація силікатів, унаслідок чого вивільнюється велика кількість води, забрудненої різноманітними хімічними сполуками. Перегоряючи, терикони стають крихкими, виникає реальна небезпека обвалів.

Крім екологічних наслідків, що спричиняє видобуток вугілля, його спалювання також супроводжується низкою проблем. Вугілля не можна назвати ідеальним паливом: окрім посередніх теплотворних характеристик (17-25 МДж/кг), у процесі його згоряння в атмосферу надходять великі кількості золи, оксидів вуглецю й азоту, діоксид сірки, вуглеводні, в тому числі канцерогенний бензапірен, та незгорілі частинки твердого палива. Так, сучасна ТЕС потужністю 2,5 млн кВт, що використовує до 20 тис. т вугілля на добу,

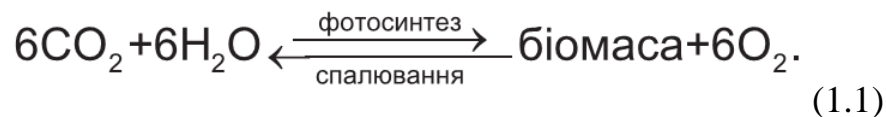
викидає щодобово в атмосферу 680 т SO₂ та SO₃ (при вмісті 1,7 % сірки в паливі), 200 т оксидів азоту NO_x, а також 120-240 т твердих часток у вигляді попелу, пилу і сажі (за умови ефективності системи пиловловлювання 94-98 %) [12]. Суттєву небезпеку несуть частки золи, що викидаються в атмосферу у вигляді твердих частинок і розсіюють радіоактивний пил. Під час спалювання вугілля на ТЕС у викидах зростає вміст радію-226 (в 3-6 разів) і свинцю-210 (в 5-10 разів), причому останній накопичується в попелі. Середній вміст урану у вугіллі становить 3,6 г/т, торію - 4,2 г/т. Тому ТЕС, які працюють на вугіллі, значно забруднюють прилеглі території, інколи на сотні кілометрів, радіоактивними елементами. В їхніх околицях радіоактивність може значно перевищувати гранично допустимі норми, причому таке забруднення перевищує те, яке створюють атомні станції, котрі працюють у безаварійному режимі. Не менш небезпечним є спалювання вугілля у приватних господарствах, котрі не мають високих труб і належних систем очищення. Усі ці явища негативно впливають на здоров'я населення. Зокрема, на прилеглих до ТЕС територіях спостерігаються масові ураження силікозом, а також гіпоплазія зубів і патологія скелету у дітей.

Україна - агропромислова держава, яка має величезні незадіяні ресурси. Економічно доцільний енергетичний потенціал біомаси в Україні становить близько 20-25 млн т у.п./рік. Основними складовими цього потенціалу є відходи сільськогосподарського виробництва (солома, стебла кукурудзи, стебла соняшнику і т.п.) - більше 11 млн т у.п./рік та плантації енергетичних культур - близько 10 млн т у.п./ рік [7]. Отримання біопаливної сировини, зокрема, деревної біомаси, супроводжується низкою позитивних екологічних ефектів. Ще 2000 років тому тополі та верби використовували для захисту посівних культур і створення вітрозахисних лісосмуг. Високорослі та нещільні насадження добре підходять для контролю і запобігання вітровій ерозії ґрунту, щільноростучі чагарникові види створюють позитивний мікроклімат для польових культур і захищають від снігових заносів та буревіїв. Для деревних насаджень характерне більше видове різноманіття, порівняно з насадженнями

польових культур. Вирощування навіть швидкозмінних промислових тополинних плантацій має значний позитивний вплив на дикі види рослин і тварин.

Вирощування енергетичних плантацій - раціональний спосіб використання деградованих і еродованих ґрунтів. Тополі та верби є, фактично, ідеальними рослинами для фітореMediaції, оскільки вони здатні рости в широкому діапазоні природних умов, мають глибокі корені та більшу тривалість життя порівняно з трав'янистими рослинами. Ці дерева здатні до рекультивації виснажених земель завдяки активному збагаченню ґрунтів (близько 60-80 % поживних речовин повертаються в землю разом з опалим листям). З'ясовано, що тополі можуть мінералізувати деякі шкідливі та канцерогенні речовини: галогенізовані вуглеводні (тетрахлорид карбону, вініл хлорид, трихлоретилен, бензол, хлороформ), гербіциди, пестициди, інсектициди, важкі метали (селен, свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк) та ін. хімічні сполуки з повітря, ґрунту і води.

Проблема глобальних змін клімату - одне з найбільш обговорюваних питань, що турбує всі екологічні асоціації у світі. Після ратифікації Україною вимог Кіот-ського протоколу наша держава взяла на себе зобов'язання знизити викиди вуглекислого газу. Одна з найважливіших послуг, які ліс надає планеті й людству, - стабілізація клімату, а саме захоронення вуглецю (поглинання CO₂) і сонячної енергії у процесі фотосинтезу, що відбувається згідно з брутто-реакцією (1.1):



У разі щорічного приросту біомаси за сухою речовиною 8-12 т/га дерева депонують з атмосфери 4-6 т/га вуглецю та продукують близько 3-4,5 т/га кисню протягом року.

У процесі спалювання деревини емісія вуглекислого газу в атмосферу становить 320 216 мг CO₂/кВтгод. Однак варто взяти до уваги, що в ході використання деревини як джерела енергії реалізується умовний нульовий баланс по вуглекислому газу: під час згоряння біомаси в атмосферу виділяється стільки CO₂, скільки було адсорбовано у процесі фотосинтезу в період росту рослин, а у разі згоряння викопного пального, навпаки, вивільнюється вуглець, накопичений за мільйони років. Безумовно, не можна стверджувати, що біопаливо є повністю CO₂-нейтральним, адже для закладання плантації, збирання врожаю і транспортування біопалива необхідне використання машин, які працюють на викопному паливі (так само як і для видобутку викопних енергоресурсів), проте емісія вуглекислого газу при повному життєвому циклі твердого біопалива значно менша порівняно з мінеральними енергоресурсами. Крім того, частина вуглецю фіксується у ґрунті завдяки опаданню листя, що робить деревні рослини більш привабливим біопаливним матеріалом порівняно з однорічними польовими культурами. Значення окремих викидів забруднень у довкілля в ході спалювання викопного палива і деревини (в розрахунку на 1 кВт енергії на годину) представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Викиди забруднюючих речовин в атмосферу під час спалювання різних видів палива

Вид викиду	Деревина (мг викидів/ кВтгод)	Вугілля (мг викидів/ кВтгод)	Природний газ (мг викидів/ кВтгод)
Оксиди азоту	154,77	588,12	12,69
Монооксид вуглецю	541,69	38,69	7,74
Сірчистий газ	38,69	278,58	4,33
Тверді частки	30,95	30,95	12,85
Метан	30,95	3,40	13,00
Закис азоту	20,12	23,33	3,10
Діоксид вуглецю	0,00	331 202,00	181 078,00

Для оцінки загального викиду шкідливих речовин у довкілля в ході спалювання викопного палива та деревини наведені в таблиці дані доцільно розглянути на діаграмі з логарифмічною шкалою в полярній системі координат (рис. 1.4). Отримані для кожного виду палива фігури описують структуру викидів шкідливих речовин у довкілля від використання відповідного виду палива в котельнях: чим більша площа утвореної фігури, тим більший загальний викид шкідливих речовин.

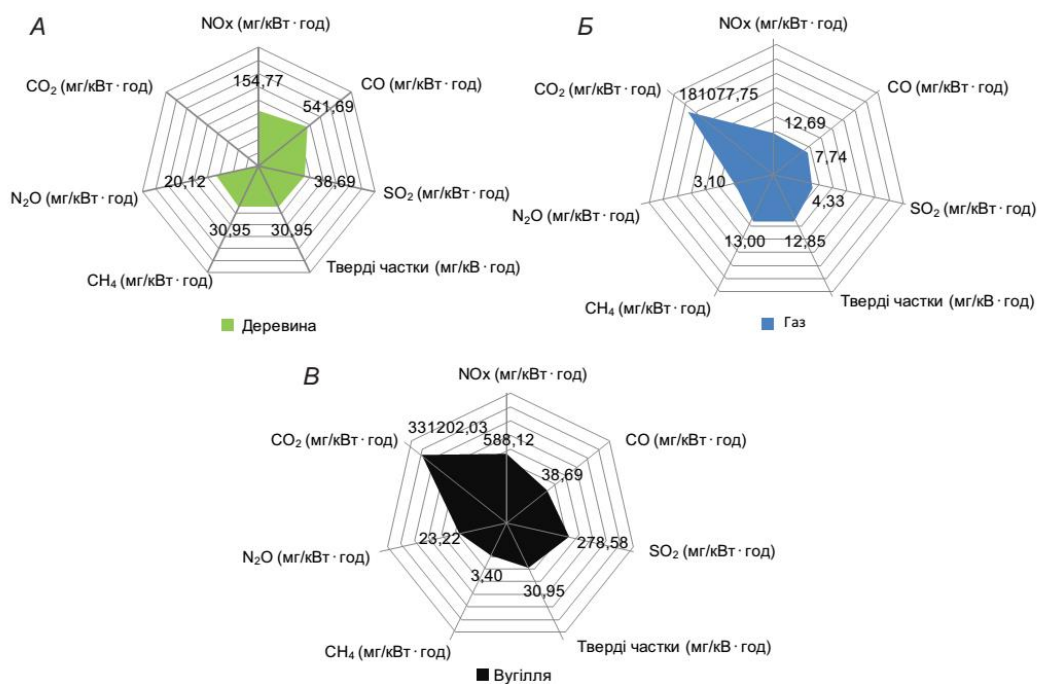


Рисунок - 1.2 Структури викидів шкідливих речовин у довкілля від використання деревини (А), природногогазу (Б), вугілля (В)

Без сумніву, несприятливі фактори впливу на довкілля при використанні біомаси мають місце. Як видно з таблиці, пряме спалювання деревини супроводжується збільшенням обсягів викидів метану та чадного газу порівняно зі спалюванням вугілля, однак обумовлює суттєве зниження обсягів викидів оксидів сірки й азоту. При цьому кількість викидів шкідливих речовин залежить від вибору обладнання і технології енергоконверсії: спалювання

біомаси вологістю 55-60 % не тільки значно зменшує вихід теплової енергії, а й порушує сам процес спалювання, що і є причиною збільшення емісії чадного газу, метану та оксидів азоту, а також підвищує кількість деревного вугілля в попелі. Використання сировини з високим вмістом вологи унеможливорює створення безперервного процесу горіння через те, що частина енергії витрачається на підсушування матеріалу, а це, у свою чергу, призводить до неповного окиснення карбону й утворення чадного газу. Попереднє висушування біомаси та зниження у ній вмісту вологи до 10-15 %, що є невід'ємною стадією виробництва біопаливних пелет, суттєво знижує кількість шкідливих викидів у процесі спалювання.

Отже, переваги використання гранул (пелет) перед вугіллям та газом: низька ціна; порівняно велика теплотворна здатність; практично повне згоряння, що полегшує обслуговування котлів, частка попелу складає менше 3 %; низька вологість 8-12 % ; нешкідливість для довкілля; незалежність від енергетичних компаній; деревні гранули пожегобезпечні - менш схильні до самозаймання, оскільки не містятьпилу; висока енергоконцентрація при незначному об'ємі (при спалюванні 1000 кг гранул виділяється стільки теплової енергії, як при спалюванні 1600 кг деревини, 478,5 м³ газу, 500 л дизпалива та 685 л мазуту); висока щільність (у 1,5 рази більша, ніж у дров).

Під час роботи джерел енергії присутні такі фактори шкідливого впливу на навколишнє середовище:

- використання атмосферного кисню та викидання продуктів повного спалювання CO₂ , H₂O;

- теплові викиди;

- шум;

- шкідливі викиди в атмосферу.

Для зменшення використання атмосферного кисню та викидання продуктів повного спалювання необхідно:

- підвищувати ККД обладнання, тобто виробляти теплоту за рахунок спалювання меншої кількості палива;

– зменшувати металомісткість та габарити обладнання, що дозволить економити паливо в процесі виробництва матеріалів та монтажу обладнання;

– використовувати менш енергоємні матеріали для виробництва обладнання та монтажних робіт.

Теплові викиди пов'язані з високою температурою продуктів згорання, шлаку, а також ступенем теплоізоляції захисних конструкцій обладнання.

Шум є більш впливовим фактором для котлоагрегатів великої та середньої потужності. При роботі водогрійних котлів малої потужності та опалювальних апаратів шум не перевищує допустимих значень.

Шкідливими викидами (Harmfull trop landing) в атмосферу під час спалювання палива є:

- частинки незгорілого палива;
- окисли азоту (Oxides of nitrogen) NO та NO₂ (паливні, швидкі, термічні);
- окисли сірки SO₂, SO₃;
- сажа C;
- зола;
- продукти неповного згорання CO, C_mH_n, H₂ тощо;
- канцерогенні речовини (1,2 бензопірен C₂₀H₁₂ та ін.).

Відомо, що забруднення атмосферного повітря окислами сірки та азоту, що пов'язані з діяльністю людини, складають лише 7 % та 50 % від загальної їх кількості, але штучні викиди характеризуються значною нерівномірністю розподілу, тому великим містам та промисловим центрам відповідають найбільші рівні забруднення атмосферного повітря.

Щоб уникнути чи, принаймні мінімізувати негативний вплив використання твердого палива на довкілля при переведенні котелень на тверде паливо, необхідно всесторонньо вивчити досвід міст, де вже тривалий час для потреб опалення використовують вугілля, дрова, торф. У цьому контексті досвід Кракова є особливо цінним, оскільки в місті проводився ретельний і тривалий моніторинг стану атмосферного повітря, що зумовлено високою

забрудненістю атмосферного повітря в місті, яка є однією з найвищих у Європі. Основним джерелом забруднюючих речовин у місті є система опалення індивідуальних будинків і квартир, в яких використовуються твердопаливні котли. Для цих цілей в Кракові спалюється 115 тис. тонн вугілля в рік.

Аналізуючи результати моніторингу стану повітряного середовища міст Західної Європи, зокрема польських Кракова, Легніци та інших, звертаємо увагу на те, що досліджуючи емісію всього спектру забруднюючих речовин - CO, SO₂, NO_x, VOCs (леткі органічні сполуки), TSP (total suspended particulates - увесь завислий пил, або всі аерозолі, навіть ті, які мають середній діаметр понад 10 мкм), особливу увагу приділяють емісії пилу PM₁₀ та емісії бенз(а)пірену.

За європейськими нормами PM₁₀ - це фракція пилу з середніми розмірами частинок до 10 мкм, допустима середньодобова концентрація PM₁₀ становить 50 мкг/м³ і не повинна перевищуватися більше 35 раз в році. Допустима середньорічна концентрація становить 40 мкг/м³ а середньодобова небезпечна концентрація для PM₁₀ становить 200 мкг/м³. При аналізі запиленості повітря вітчизняні норми розглядають недиференційований за складом неорганічний пил, що є аналогом пилу TSP. При цьому середньодобове значення ГДК становить 0,15 мг/м³, а максимальне разове - 0,5 мг/м³.

Бенз(а)пірен - поліциклічний ароматичний вуглеводень, який утворюється при спалюванні твердого і рідкого палива (в значно меншій мірі - газу). Ця речовина є одним з найнебезпечніших вуглеводнів, вона являється дуже сильним мутагеном та канцерогеном, є шкідливою навіть при малих концентраціях. Згідно списку "Гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць" середньодобове значення ГДК бенз(а)пірену в атмосферному повітрі становить 0,1 мкг на 100 м³ (10⁻⁹ г/м³).

У вітчизняній практиці емісії бенз(а)пірену приділяється недостатньо уваги. В нормативній методиці розрахунку викидів забруднюючих речовин від

енергетичних установок викиди бенз(а)пірену взагалі не розглядається. У той же час в аналогічній російській методиці приводиться розрахунки емісії бенз(а)пірену як від промтеплоенергетичних котлів малої потужності, так і від водогрійних котлів.

При проведенні аналізу повітряного середовища у м. Львові концентрацію бенз(а)пірену вимірювалися лише 12 раз в році (для порівняння: оксиди азоту - понад 1000 замірів; оксид вуглецю - понад 2000, а формальдегід - 4000 [6]).

Слід мати на увазі, що з 2015 року заборона на опалення вугіллям вступає в силу в великих містах Китаю, а у Дубліні та Лондоні така заборона вже діє.

Для оцінки впливу застосування твердого палива при його спалюванні в теплогенеруючих установках на забрудненість атмосферного повітря порівнюємо розрахункові значення емісії пилу та бенз(а) пірену, отримані за вітчизняними та зарубіжними методиками .[19]

В ГДК 34. 02. 305-2002 "Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення" викиди, які виникають при спалюванні дерев'яної біомаси взагалі не розглядаються. В ній також відсутні розрахункові залежності для визначення емісії бенз(а)пірену. Тому за нормативною методикою можемо провести лише розрахунок викидів твердих частинок. Він проводиться для вугілля Львівсько-Волинського басейну марок ГР, ГСШ та ЖР. Для вугілля марок ГР і ГСШ $Q_{gr} = 21,44$ МДж/кг, а $A_g = 19,8\%$. Для вугілля марки ЖР $Q_{gr} = 19,38$ МДж/кг, $A_g = 32,2\%$. Частка золи, яка виноситься з енергетичної установки у вигляді леткої золи, авин залежить від технології спалювання палива і для топок з нерухомим шаром приймається авин = 0, 15 [7]. При таких вихідних даних показник емісії твердих частинок (£тв) для вугілля марок ГР, ГСШ становить 1406 г/ГДж, а для вугілля марки ЖР - 2530 г/ГДж.

Польські джерела [6]наводять дещо нижчі значення емісії твердих частинок (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Емісія шкідливих речовин (г/ГДж) при спалюванні твердого палива

Тип палива	Пил РМ10	Бенз(а)пірен
Буре та кам'яне	404	0,27
Деревина	695,3	0,21

Це пояснюється високою зольністю вугілля Львівсько-Волинського басейну (19,8 - 32,2%). У вугіллі, яке використовують у Кракові вміст золи (Аг) знаходиться в межах 3- 12%.

Значення викидів твердих частинок (неорганічний пил) в атмосферне повітря без системи очищення (тон на 1 тис. тон палива) можуть також прийматися за укрупненими показниками:

- кам'яне вугілля - 65,32;
- торф'яні брикети - 13,02;
- дрова - 4,3;
- дерев'яні відходи і тирса - 5,1;
- дерев'яні брикети - 4,11.

При перерахунку наведених значень на 1Гкал виробленої теплової енергії отримаємо для бурого вугілля з $Q_{ir} = 22$ МДж/кг величину емісії пилу 2970 г/ГДж, що є близьким до величин, отриманих за методикою, а для дров з $Q_{ir} = 10,21$ МДж/кг - 420 г/ГДж, що є близьким до величини, наведеної в Програмі моніторингу природного довкілля Львівської області на 2011- 2015роки і на перспективу до 2020 року [8].

В європейських країнах типовий рівень емісії твердих частинок при спалюванні дерев'яної біомаси становить 300 мг/м³ після очищення в мультициклоні і 40 мг/м³ при використанні системи конденсації продуктів горіння. За датськими нормами, для котелень фермерських господарств, в яких спалюється дерев'яна біомаса, вміст твердих частинок у продуктах горіння не

повинен перевищувати 600 мг/м³. Тут для досягнення допустимих концентрацій твердих частинок в основному використовують мультициклони, а для більш тонкого очищення - тканинні та електрофільтри.

Величину емісії твердих частинок та бенз(а)пірену, які виділяються при спалюванні вугілля та деревени, визначених за вітчизняною, російською, польською та німецькою методиками, представлено в табл. 1.6.

У більшості міст Західної України проблем екологічного характеру, викликаних використанням твердого палива в системах опалення сьогодні не існує. Так, за статистичними даними станом на 2017 р. у Львові споживалося лише 4,46 тис. тонн вугілля і 7,76 тис. м³ дров, при чому вугілля використовують комерційні та бюджетні організації, а дрова - майже винятково населення.

Середня концентрація речовин у вигляді твердих частинок перевищує ГДК на 19% (середньодобові значення становлять лише 0,15 ГДК, а максимальні добові - 0,5 ГДК). Слід також звернути увагу на те, що це є середні значення по місту, а значення для окремих, найбільш забруднених територій не приводяться.

Діючий сьогодні в Україні ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» вимагає, щоб котельні, призначені для роботи на твердому паливі, обладнувалися установками для очищення димових газів від золи, коли виконується умова

$$AP \cdot B > 5000, \quad (1)$$

де AP - вміст золи в робочій масі палива, %;

B - максимальна годинна витрата палива, кг/год.

У табл. 1 наведена порівняльна характеристика теплотворної здатності брикетів в порівнянні з іншими видами палива:

Порівняльна характеристика теплотворної здатності різних видів палива наведена в табл. 1.4

Таблиця 1.4 – порівняльна характеристика теплотворної здатності різних видів палива

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

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.

Дизельне паливо і мазут містять в собі чи не всі елементи таблиці Менделєєва.

При їх спалюванні виділяється величезна кількість шкідливих для організму людини речовин, у тому числі канцерогенів.

При спалюванні 1 тонни деревного брикету виділяється стільки ж енергії, скільки при спалюванні 1,6 тонн деревини, 480 м³ газу, 500 літрів дизельного палива або 600 літрів мазуту.

Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних енергоносіїв наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних видів палива

Вид палива	Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без систем очищення, тонн на 1 тис. тонн нат. палива				
	CO2	NO2	SO2	Тверді частинки (пил неорг.)	РАЗОМ
Природний газ	1,18	3,52	0,00	0,00	4,70
Деревні брикети, пеллети	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
Деревні 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

З таблиці випливає, що деревне паливо (в першу чергу 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.

Обсяг викидів забруднюючих речовин при спалюванні деревного палива залежить не тільки від його виду і складу, але і від його вологості і коефіцієнта корисної дії котла. Таким чином, ефективне використання деревного палива

безпосередньо залежить від його підготовки з урахуванням максимального видалення вологи. Даним вимогам в першу чергу відповідають деревне паливо у вигляді пеллет, брикету та вугілля.

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

Певні екологічні вигоди від використання брикетів та пеллет мають і приватні споживачі. Брикети і пеллети 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 деревних гранул утворюється незначна кількість відходів (1-3%), які можуть використовуватися як добриво. У їх складі практично немає сірки.

1.3 Висновки до розділу

В результаті аналізу літературних джерел [1] визначено наступне:

- Пелети, які пропонують до продажу не сертифіковано відповідно до європейських стандартів, а ті сертифікати, які можуть пред'явити виробники, було видано українськими органами стандартизації, які не акредитовані в Європі;

- Європейські стандарти офіційно не імplementовано в Україні;

- Вартість пелет коливається в межах 100-120 євро за тону, що практично не покриває витрати на їх виробництво;

- Вироблену на підприємствах пелетну продукцію використовують для покриття власних виробничих потреб (забезпечення виробництва і побутової сфери теплом та електроенергією);

- На ринку знайти якісні пелети побутового та промислового призначення дуже важко, але їх у великій кількості експортують до ЄС через Польщу, Литву та ін. країни, де надають сертифікат та продають за 200 євро за тону.

- Певні екологічні вигоди від використання брикетів та пеллет мають і приватні споживачі.

Таким чином, необхідно проводити оцінку екологічної небезпеки при спалюванні брикетів, вироблених із органічних відходів.

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ СПАЛЮВАННЯ БРИКЕТІВ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

2.1 Методичні підходи до оцінки рівня забруднення атмосфери від спалювання органічного пального

Рівень забруднення атмосферного повітря формується, в основному, під впливом двох факторів: викидів забруднювальних речовин (ЗР) в атмосферу і метеорологічних умов місцевості. Тому для виявлення впливу метеорологічних параметрів на формування середньорічних концентрацій окремих домішок, необхідно враховувати і атмосферні навантаження цих речовин.

Комплекс метеорологічних параметрів, що визначають середній (можливий) при заданих обсягах викидів ЗР рівень забруднення атмосфери, називають потенціалом забруднення атмосфери. Оскільки формування такого рівня пов'язано з умовами вертикального і горизонтального переносу і розсіювання домішок, то потенціал забруднення атмосфери виражається через різну сукупність метеорологічних величин, які обумовлюють ці умови.

Існує метеорологічний потенціал забруднення атмосфери (МПЗА), запропонований Т.С.Селегеем та потенціал забруднення атмосфери (ПЗА) Е. Ю. Безуглою. ПЗА враховує основні характеристики вертикального і горизонтального перемішування атмосфери, а саме повторюваність інверсій (приземних і припіднятих), швидкості вітру 0-1 м/с, застоїв і туманів. Показник МПЗА являє собою відношення метеорологічних факторів, які сприяють забрудненню атмосфери до факторів, що сприяють розсіюванню шкідливих домішок. І розраховувався згідно формули:

$$\text{МПЗА} = (P_{0-1} + P_T) / (P_{\text{пад.}} + P_{>6}), \quad (2.1)$$

де P - повторюваність,%, P_{0-1} - швидкості вітру 0-1 м/с, P_t - днів з туманом, $P_{\text{опад.}}$ - днів з опадами більше 0,5 мм, $P_{>6}$ - швидкості вітру більше 6м/с.

Розрахунки МПЗА проведено за даними 185 метеорологічних станцій, у тому числі для промислових міст, у повітрі яких визначаються концентрації забруднювальних речовин, за період 2003-2017рр.

Враховуючи граничні величини розсіювання домішок у повітрі міст згідно [16] та результати статистичної оцінки отриманих значень МПЗА, ступінь накопичення чи розсіювання домішок в атмосферному повітрі України характеризуються наступними умовами:

$МПЗА < 0.8$ - сприятливими умовами розсіювання домішок;

$0.8 < МПЗА < 1.2$ -однаковою ймовірністю атмосферних процесів (розсіювання і накопичення), які впливають на забруднення атмосфери;

$1.3 < МПЗА < 1,7$ -переважанням метеорологічних факторів, що сприяють накопиченню домішок;

$МПЗА > 1,8$ - найгіршими (вкрай несприятливими) умовами розсіювання домішок.

Загалом певні метеорологічні умови, що спостерігаються в окремі періоди року, окремі місяці, дають можливість атмосферному повітрю самоочищатися.

Самоочисна здатність атмосфери - це здатність виводити (розсіювати) за власні межі забруднюючі речовини, зменшуючи рівні її забруднення. Вона визначається метеорологічним потенціалом забруднення атмосфери (ПЗА) та метеорологічним потенціалом атмосфери (МПА).

ПЗА подається на основі аналізу інформації повторюваності метеорологічних величин таких як, приземних інверсій, штилів, туманів, опадів, швидкості вітру тощо.

МПА відображає переважання в атмосферному повітрі тих чи інших процесів — накопичення або розсіювання забруднюючих речовин упродовж року на певній території.

Він визначається за формулою [14]:

$$KM = PШ+PT/PO+PB, \quad (2.2)$$

де: KM – коефіцієнт метеорологічного потенціал атмосфери (МПА); повторюваність днів (%): $PШ$ – зі швидкістю вітру 0-1 м/с; PT – з туманами; PO – з опадами 0,5 мм і більше; PB – зі швидкістю вітру понад 6 м/с. Якщо значення $KM > 1$, то переважають процеси, що сприяють накопиченню забруднюючих речовин в атмосферному повітрі; при умові $KM < 1$, навпаки, відбуваються процеси розсіювання, самоочищення повітря.

З цього випливає, що переважання туманів і штилів сприяє процесам накопичення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. В той час, як інтенсивні вітри (швидкістю понад 6 м/с) та часті опади, грози впливають на розкладання, розсіювання та очищення шкідливих домішок в повітряному басейні. Тому аналіз метеорологічних умов певної території за періодами року, окремими місяцями дає змогу визначити високий чи низький метеорологічний потенціал атмосфери.

Для аналізу концентрації оксиду вуглецю (CO), диоксиду вуглецю (CO_2) і вуглеводнів (по метану - CH_4) вибрано оптико-абсорбційний метод, оснований на вимірюванні поглинання інфрачервоної (ІЧ) енергії випромінювання аналізованим компонентом. Ступінь поглинання ІЧ енергії випромінювання залежить від концентрації аналізованого компонента в газовій суміші. Кожному газу притаманна своя область довжини хвилі поглинання. Це обумовлює можливість вибірного аналізу газів. Тому структура аналітичних і вимірювальних каналів для CO , CO_2 , CH_4 буде однаковою і відрізняється тільки керуванням чутливості і нульовою точкою для кожного з вимірюваних компонентів.

Сутність метода полягає в наступному: якщо по чергово пропускати потік монохроматичного ІЧ випромінювання, отриманий за рахунок проходження їм інтерференційного фільтра, через кювету з аналізованою газовою сумішшю і без

неї, то на приймачі випромінювання буде реєструватися змінний сигнал, який несе інформацію про кількість ІЧ енергії, яка поглинається аналізуємим компонентом, а значить, і концентрації аналізуємого компонента.

Інфрачервоний газоаналізатор з неселективним приймачем випромінювання складається з наступних вузлів [26]: джерела ІЧ-випромінювання, модулятора, робочої кювети, світлофільтра й підсилювально-вимірювального пристрою. Всі однопроменеві недиференціальні прилади мають істотний недолік: сигнал із приймача змінюється зі зміною його чутливості, інтенсивності випромінювання джерела й посилення, тому необхідно часте калібрування, що вимагає чимало часу, і, крім того, це не завжди зручно для приладів безперервної дії.

В сучасних багатоканальних недисперсійних ІЧ газоаналізаторах доцільно використовувати багатоканальну однопроменеву (рис 2.4) оптичну схему. Це обумовлено тим, що застосування однопроменевої (тобто однокюветної) схеми дозволяє спростити оптичну схему приладу і суттєво зменшити похибку аналізу, обумовлену неселективними впливаючими фізичними величинами, наприклад, практично усунути вплив забруднення робочої кювети аналізатора [5].

Число аналітичних каналів в недисперсійному багатоканальному ІЧ газоаналізаторі рівне числу аналізованих компонентів аналізуємої суміші, які мають смуги поглинання в ІЧ діапазоні, а число спектральних оптичних каналів звичайно на одиницю більше числа аналізованих компонентів, тобто в даному випадку порівняльний канал являється спільним для всіх аналітичних каналів CO, CH, CO₂. Використання спільної для всіх каналів кювети приводить до суттєвої нелінійності статичної характеристики (СХ) аналітичного каналу CO₂ через аномально високий рівень інтегрального коефіцієнту поглинання цього компоненту в порівнянні з іншими компонентами аналізу [9].

2.2 Результати аналізу з моделювання поширення забруднюючих речовин в сільській місцевості

Оскільки сьогодні паливні брикети використовуються переважно в приватному господарстві та на котельних малої потужності було розглянуто ситуацію забруднення атмосферного повітря в сільській місцевості від викидів хатніх печей які працюють на брикетах. За літературними даними було визначено питомі показники емісії при спалюванні пелетів в хатніх пічках без урахування системи очищення.

Для моделювання поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі використовувалося програма УПРЗА «Еко-центр», котра реалізує положення методики ОНД-86.

Згідно цієї методики сільську забудову з багатьма точковими джерелами викидів від пічок можна описати як площинне джерело, вказавши для нього вхідні дані зокрема висоту димарів, їх діаметр та інші параметри (рис. 2.1, 2.2)

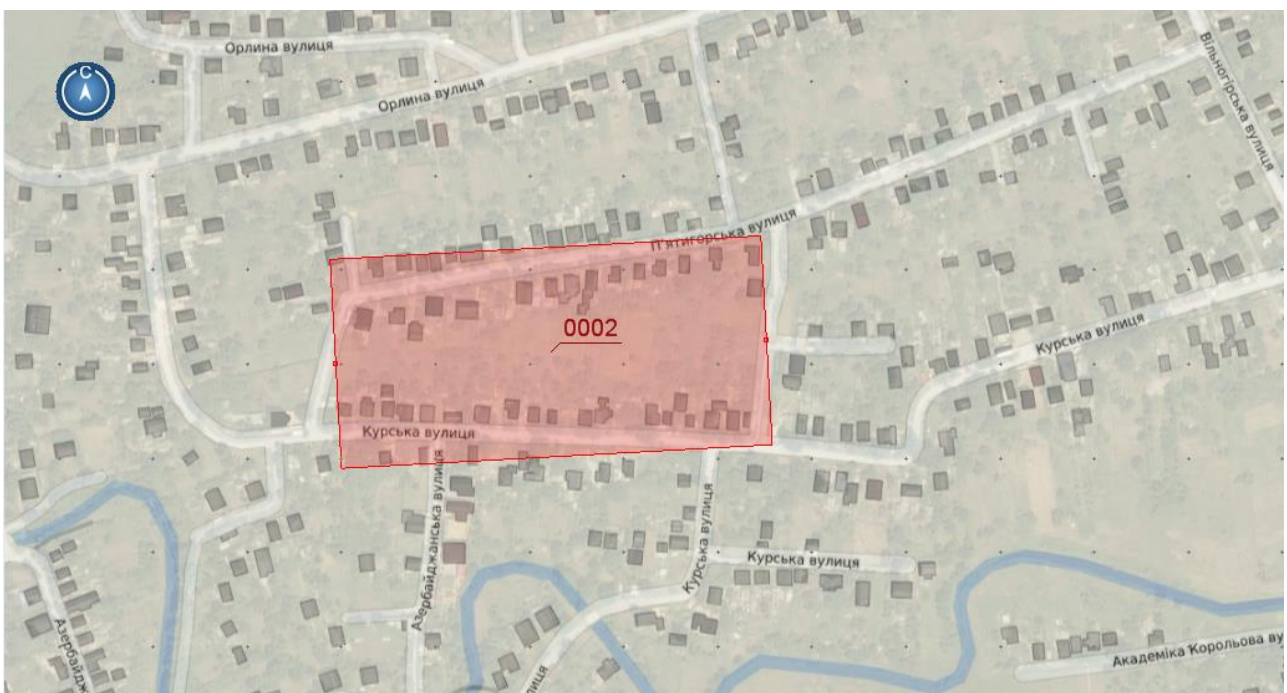


Рисунок 2.1 – Схема площинного джерела забруднення атмосфери

Структура		Выбросы. Вещества									
№	Структурная схема	Выброс загрязняющего вещества в атмосферу				Дополнительно		Нестационарность		Методика	
источник	код. наименование	г/с	т/год	мг/м ³ при н.у.	F	% норматив	λ_1 , %	T_1 , час	наименование		
2. ХАТН ДИМАРІ	2902. Взвешенные вещ...	4,11	1,2	20124,47	3	тве...	ПДВ	0,923	8784		
	0337. Углерод оксид	4,68	1,4	22915,45	1	газ/...	ПДВ	0,946			
	0301. Азота диоксид	9,31	2,8	45586,08	1	газ/...	ПДВ	0,951			
	0330. Сера диоксид	0,28	0,08	1371,01	1	газ/...	ПДВ	0,904			

Рисунок 2.2 – введення вхідних даних в програму УПРЗА «Еко-центр» про джерела забруднення атмосфери

Результати моделювання параметрів забруднення атмосфери викидами від печей приватних будинків наведені на рис 2.3 – 2.6

За результатами моделювання поширення забруднюючих речовин від печей на території щільної сільської забудови виникає перевищення приземних концентрацій твердими речовинами та двоокисом азоту.

На практиці ж в таких випадках системи очищення газопилових викидів від котлів малої потужності або відсутні або є примітивними, розрахованими на утримання лише твердих речовини. У зв'язку з чим виникає необхідність в зниженні емісії оксидів азоту та твердих речовин при спалюванні брикетів.

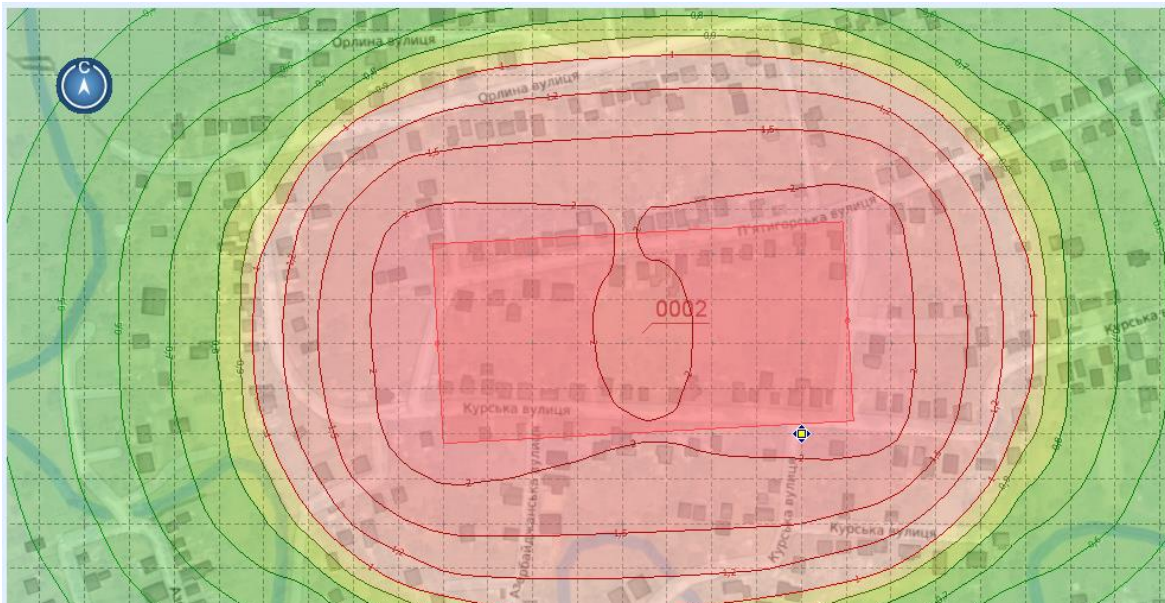


Рисунок 2.3 – Приземні концентрації твердих речовин

За твердими речовина відбувається незначне перевищення гранично-допустимих концентрацій.



Рисунок 2.4 – Приземні концентрації окису вуглецю

Приземні концентрації окису вуглецю знаходяться в межах санітарно-гігієнічних норм і складають 0,3-0,5 ГДК.

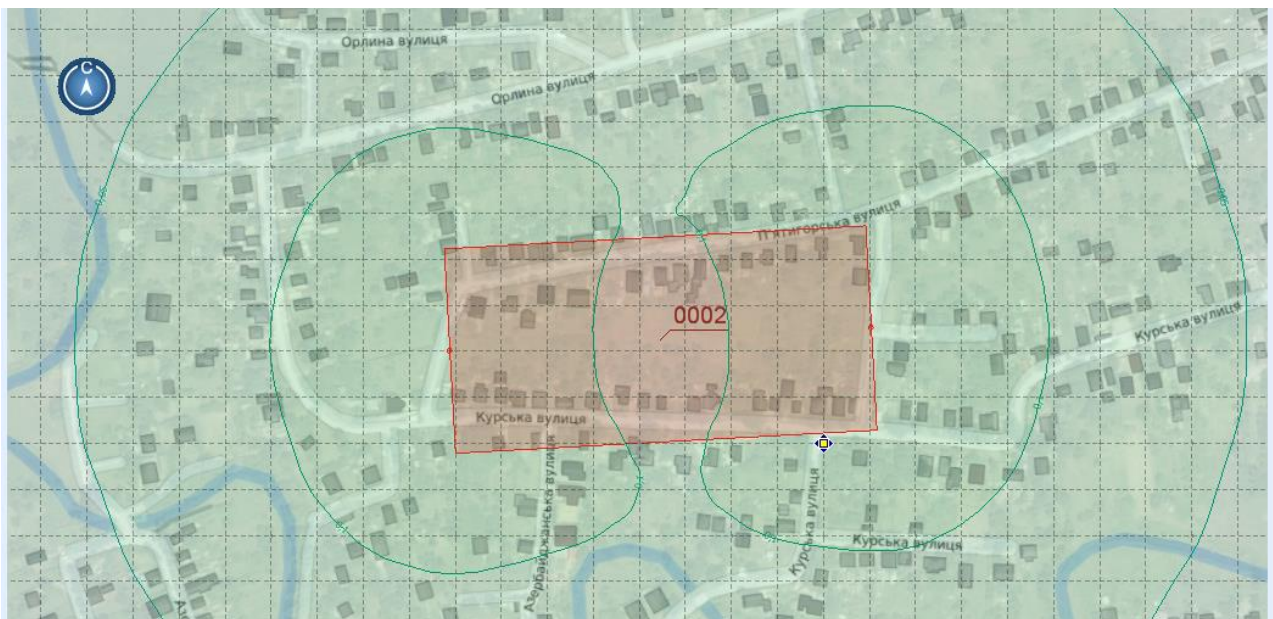


Рисунок 2.5 – Приземні концентрації двоокису сірки

Приземні концентрації двоокису сірки знаходяться в межах санітарно-гігієнічних норм і складають 0,2-0,4 ГДК.

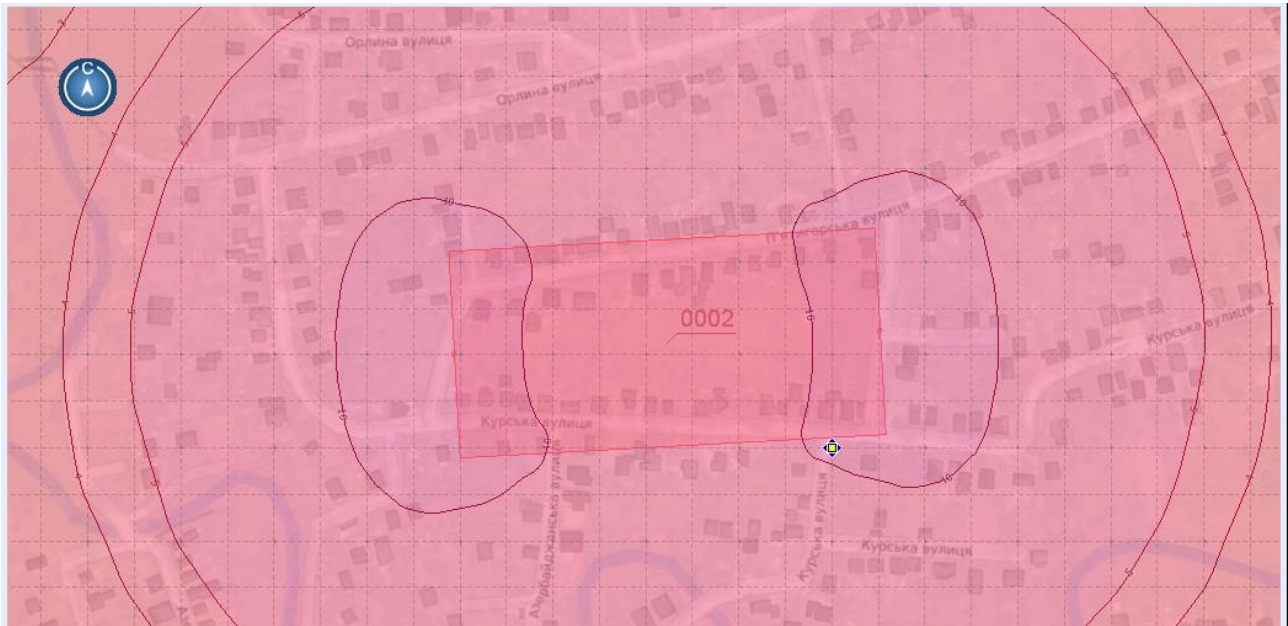


Рисунок 2.6 – Приземні концентрації двоокису азоту

Як бачимо з малюнку спостерігається суттєве перевищення приземних концентрацій двоокису азоту в середньому в 5-10 разів.

2.3 Висновки до розділу

Рівень забруднення атмосферного повітря формується, в основному, під впливом двох факторів: викидів забруднювальних речовин (ЗР) в атмосферу і метеорологічних умов місцевості.

Комплекс метеорологічних параметрів, що визначають середній (можливий) при заданих обсягах викидів ЗР рівень забруднення атмосфери, називають потенціалом забруднення атмосфери.

Переважаання туманів і штилів сприяє процесам накопичення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. В той час, як інтенсивні вітри (швидкістю понад 6 м/с) та часті опади, грози впливають на розкладання, розсіювання та очищення шкідливих домішок в повітряному басейні.

Тому аналіз метеорологічних умов певної території за періодами року, окремими місяцями дає змогу визначити високий чи низький метеорологічний потенціал атмосфери.

За результатами моделювання поширення забруднюючих речовин від печей на території щільної сільської забудови виникає перевищення приземних концентрацій твердими речовинами та двоокисом азоту.

У зв'язку з чим виникає необхідність в зниженні емісії оксидів азоту та твердих речовин при спалюванні брикетів.

РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЗІ ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ СПАЛЮВАННІ БРИКЕТІВ

3.1 Аналіз котельних установок з низьким рівнем емісії забруднюючих речовин

Котельна установка – комплекс пристроїв і агрегатів, що забезпечують утворення водяної пари або гарячої води. Котельна установка складається з котла і допоміжного устаткування. Для котельних установок застосовують парові і водо-нагрівні котли. Котел – пристрій, в якому для здобуття пари або нагріву води з тиском вище атмосферного, які застосовуються за межами цього пристрою, використовується теплота, що виділяється при згоранні органічного палива, а також теплота газів, що утворюються.

Котел складається з системи труб, об'єднаних між собою барабанами і камерами (колекторами). До складу котла можуть входити: топка, пароперегрівач, економайзер, повітрянагрівач, каркас, обмурівка, теплова ізоляція, обшивка.

До допоміжного устаткування котельної установки відносяться тягообдувні машини, пристрої очищення поверхонь нагріву, паливоподача, і підготовка пального в межах установки, устаткування шлако- і золовиділення, золоуловлюючі.

Не входять в котел такі газоочисні пристрої: газоповітропроводи, трубопроводи води, пару і палива, арматура, арнітура, автоматика, прилади і пристрої контролю і захисту. А також до котла відносяться водопідготовче устаткування і димар [13].

Твердопаливні котли не втрачають своєї актуальності, їх асортимент досить широкий, але параметри вони мають подібні. В додатку А наведено технічно-експлуатаційні характеристики котла типу SAS GRO-ECO.

Котел опалення типу SAS GRO-ECO є низькотемпературним котлом з автоматичною системою подачі вугілля у топочну камеру. Котел обладнаний корпусом, що охолоджується водою, виконаним із сталевих листів.

Котел типу SAS GRO-ECO має конструкцію, пристосовану до високоефективного спалювання кам'яного вугілля сорту „горошок”, пелети, брикети. Основні елементи котла вказані на рисунку 3.1

Корпусом котла, який охолоджується водою, є паралелепіпед з двійними стінками, розділений водними перегородками. Топочна камера розташована під високоефективним, конвенкторним теплообмінником.

Котел функціонує, використовуючи дію вузла, який складається з:

- а) шнекової подачі палива, яка приводиться в рух фоторедуктором;
- б) самоочисної топки без решітки у формі чавунної реторти, виконаної у формі келиха;
- в) вентилятора, нагнітаючого повітря до топки-реторти;
- г) електронного контролера температури.



Рисунок 3.1 – Конструкція котла типу SAS GRO-ECO.

Паливо для процесу спалення пересувається автоматично з розташованого біля котла контейнера палива за допомогою гвинтової подачі. В чавунній реторті настають всі процеси, скеровані на спалення палива, що подається, за участю повітря, яке постачається припливним вентилятором.

Над вугільним пальником повішений чавунний дефлектор – відблискуюча випромінювальна плита, що скеровує теплове випромінювання на вугілля з метою спалення до кінця топочних газів та рівномірного розкладу продуктів згоряння у теплообміннику.

Зола, яка постає в кінцевій фазі згоряння, переміщається на боки реторти, після чого вона автоматично падає до камери зольника, в якій для експлуатаційної вигоди уміщена висувна полиця для золи.

Справна топка котла дозволяє спалювати таку кількість палива, яке необхідне для утримання температури, заданої користувачем на контролері. Контролер проводить постійні вимірювання температури води в котлі і на основі цих даних управляє роботою автоматичної подачі палива та вентилятора. Одночасно контролер управляє роботою циркуляційного насоса ц.о. (якщо устаткування обладнано насосом).

Перевагою роботи котла у цьому режимі є просте обслуговування, що полягає на періодичному додаванні палива у контейнер (засипну корзину) та усуненню золи з зольної полиці без необхідності погашення котла. Після розпалення котел не вимагає постійного обслуговування, а його експлуатація може відбуватися, в принципі, безперервно під час всього опалювального сезону. Котел може також працювати після опалювального сезону в системі з бойлером на гарячу експлуатаційну воду.

Трьохтягова конструкція каналу топочних газів котла забезпечує повне використання тепла продуктів згоряння для води устаткування центрального опалення. Також верхня частина топочної камери закрита водною оболонкою. Димові гази виходять в димохід через димовий канал, розташований позаду котла. Димовий канал обладнано вбудованим дросельним клапаном продуктів

згоряння, який у випадку надто високої тяги у димоході дає можливість її понизити. З боку димового каналу знаходиться очисний отвір.

Топочні дверцята (для подачі палива, та зольні дверцята знаходяться на передній стіні котла. Топочні дверцята дають доступ до реторти для розпалення котла та періодичного очищення.

У верхній частині котла під кришкою заходиться люк верхнього очисного отвору. Він дозволяє легко чистити касети теплообмінника. А дверцята бокового очисного отвору дають можливість усунути осідаючий пил.

У верхній частині теплообмінника приварений патрубок гарячої води, а в нижній, на задній стіні, – патрубок зворотної води. Спускний патрубок розташований на боковій стіні котла. Вся конструкція теплообмінника обкладена ізоляційним матеріалом – мін-ватою, яка заповнює простір між теплообмінником та корпусом котла [14].

Питання економічних аспектів використання котлів на твердому паливі є важливим на території України. Щоб це показати розглянемо котельню сільської школи із середньостатистичними даними. Сільська школа – є типовим об'єктом бюджетного сектору України. Вона потребує заміни котлів не тільки з економічних причин, але і для забезпечення необхідного температурного режиму у приміщенні та надійності тепlopостачання. Потреби у тепловій енергії школи наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Потреби школи у тепловій енергії

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Об'єм приміщень будівлі	м ³	12 500
Рік будівництва	–	1988
Число учнів та викладачів	–	139
Максимальна теплове навантаження (опалення)	кВт	288
Річна потреба теплової енергії	Гкал/МВтгод	438,7 / 510
Максимальна теплове навантаження (гаряче водопостачання)	кВт	1,414
Річна потреба у гарячій воді	Гкал/МВтгод	4,9 / 5,7

Технічний стан існуючих котлів у школах є незадовільним, тому вони потребують заміни. Можливим є два варіанти:

а) встановлення нового котла, подібного до існуючого, який буде працювати на торфі та дровах;

б) встановлення нового автоматизованого біомасового котла, який буде працювати на тирсі.

Низька ціна за тирсу (як паливо) дозволяє встановити більш дорогий біомасовий котел. Паливні характеристики тирси наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Паливні характеристики тирси

Характеристики палива	Одиниця вимірювання	Значення
Щільність	кг/ м ³	900
Насипна щільність	кг/ м ³	275
Вологовміст	%	45
Нижча теплотворна здатність	МДж/кг	9,352
Енергетична щільність, волога тирса	МВтгод/ м ³	2,338
Енергетична щільність, волога тирса	МВтгод/т	2,598
Енергетична щільність, волога тирса, насипний м ³	МВтгод/м ³	0,714

Твердопаливний котел може бути застосований як незалежне джерело тепла чи бути інтегрованим в існуючу систему опалення в якості резервного. Виробництво сталевих водогрійних котлів на твердому паливі теплопродуктивністю 100 кВт-1000 кВт допомогло вирішити проблеми опалення підприємств, громадських закладів (лікарні, школи) та житлових будинків. Сучасний твердопаливний котел вмістив в собі принципово нову конструкцію котла, яка суттєво покращує технічні характеристики виробу, що дає можливість споживачам значно економити кошти. Ці котли працюють практично на всіх видах твердого палива. Коефіцієнт корисної дії агрегатів

підвищується за рахунок того, що в камеру згоряння котла вдувається тепле повітря з температурою 30-60 С, але при цьому не відкривається камера згоряння для завантаження палива, що унеможлиблює проникнення холодного повітря в топку і тим самим не охолоджує її. Переваги твердопаливного котла: економія палива, низька собівартість, малі габаритні розміри та вага, оригінальний дизайн, простий і надійний в експлуатації, регулювання параметрів теплоносія за допомогою термостата, відсутність в потребі електроенергії (у деяких випадках).

Неподалік сіл зазвичай знаходяться деревообробні підприємства, які мають відходи виробництва у виді тирси у великій кількості. Таким чином, вважається доцільним розробити проект по заміні існуючих котлів. Проект дозволить вирішити одночасно три проблеми:

а) підвищення надійності системи опалення школи та зменшення вірогідності аварійних ситуацій, наслідками яких є відсутність опалення впродовж опалювального сезону;

б) забезпечення температурного режиму у будівлі, який відповідає діючим стандартам та нормам;

в) використання деревинних відходів замість торфу, що зменшує витрати на паливо.

Беручи до уваги потреби у теплової енергії школи, потужність котла повинна бути 300 кВт. Для варіанту біомасового котла основні роботи та обладнання виглядатимуть наступним чином:

а) автоматизований котел потужністю 300кВт, який працює на тирсі;

б) система підготовки води;

в) допоміжне обладнання;

г) реконструкція системи опалення;

д) відновлення котельні.

Загальна сума інвестицій у біомасову котельню та твердопаливний котел становлять відповідно 36000 євро та 25000 євро. Використання біомасового

котла, який є більш дорогим на 11000 євро дає переваги у вигляді заощаджень, які представлені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Заощадження за 8 років від використання біомасового котла.

Рік	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Загальні заощадження, євро	2238	2392	2553	2718	2891	3071	3259	3456

Школи в Україні знаходяться у підпорядкуванні та на утриманні Відділів освіти Районних державних адміністрацій (РДА) та фінансуються з відповідних обласних бюджетів. Нажаль, успішне здійснення протягом одного року заходів з енергозбереження або переходу на інші місцеві види палива зазвичай призводить до зменшення відповідних сум бюджетного фінансування вже наступного року. В той же час, інвестиції за подібними проектами могли б відшкодовуватися разовими цільовими платежами за умови передбачення їх в рамках субвенцій державного бюджету місцевим бюджетам. В такому разі школа могла б з власних обігових коштів інвестувати виконання таких проектів та їх пуск в експлуатацію принаймні на один рік раніше, ніж відповідний замовник міг би це зробити за кошти державного бюджету.

Відомо, що будь який твердопаливний котел забезпечує приміщення теплом за допомогою згорання палива, при цьому утворюється чадний газ та інші шкідливі речовини.

Більшість сучасних котлів оснащені автоматичною подачею палива (включаючи побутові пристрої). Крім цього, вони мають, як правило, кращу систему регулювання процесу горіння, в порівнянні з котлами з ручною подачею палива. Для них зазвичай потрібне паливо стандартної і постійної якості.

У Європі тверде біопаливо на основі рослинної біомаси (в основному деревної) з кожним роком все більше витісняє з ринку тепла викопні види палива (нафта, вугілля, газ). Таким чином реалізуються на практиці заходи, щодо захисту навколишнього середовища за рахунок скорочення викидів парникових газів і пилу в атмосферу.

Викиди, викликані неповним згоранням, в основному, являються результатом недостатнього змішування повітря горіння та палива в топковій камері, загальним браком наявного кисню, занадто низькою температурою, коротким часом перебування і зависокою концентрацією.

В результаті неповного згорання в котлах, в атмосферу можуть потрапляти такі компоненти: чадний газ (СО), тверді частинки (ТЧ) і неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС), аміак (NH_3), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), а також поліхлоровані дібензопарадіоксіни і фурани (ПХДД/Ф).

Невелика кількість аміаку може виділятися в результаті процесу неповного згорання всіх азотовмісних видів твердого палива. Це відбувається в тих випадках, коли температура згорання є дуже низькою (каміни, печі, котли старої конструкції).

Викиди, в більшості випадків, можна скоротити за допомогою основних заходів, спрямованих на скорочення продуктів неповного згорання і підвищення ефективності.

Загальна кількість зважених часток – тверді частинки в топкових газах, які утворюються внаслідок спалювання палива (зокрема, твердих видів мінерального палива і біомаси), можна визначити як вуглець, дим, сажа, тверді частинки з димоходу.

Їх можна розділити на три групи продуктів спалювання палива:

Перша група утворюється за допомогою газоподібної фази спалювання або піролізу внаслідок неповного згорання палива (продукти неповного згорання (ПНЗ)):

- сажа та органічні частки вуглецю утворюються в процесі спалювання та з газоподібних вихідних речовин;
- CO і деякі мінеральні сполуки у вигляді каталітичних сполук;
- смоли / частки важких ароматичних сполук внаслідок неповного згоряння вугілля / біомаси, продуктів видалення летючих речовин / піролізу (з першого етапу спалювання) і вторинних сірчаних і азотних сполук.

Конденсовані важкі вуглеводні (смолисті речовини) є важливим, а в деяких випадках, основним джерелом загального рівня викидів частинок з дрібномасштабних приладів спалювання твердого палива, таких як каміни, печі та котли старої конструкції.

Наступні групи (друга і третя) можуть містити частинки золи або ценосфер, які, в основному, утворюються з мінеральних речовин у паливі. Вони містять оксиди і солі (S, Cl) металів Ca, Mg, Si, Fe, K, Na, P, важких металів і незгорілий вуглець, що утворився внаслідок неповного згоряння вуглецевих матеріалів, чорний вуглець або елементарний вуглець.

Викиди твердих частинок з твердопаливних котлів багато в чому залежить від умов спалювання. Оптимізація процесу спалювання твердого палива завдяки встановленню безперервно регульованих умов (автоматична подача палива, розподіл повітря горіння) призводить до зменшення викидів загальної кількості зважених часток і до зміни розподілу твердих частинок.

Як бачимо, котли можуть мати широкий спектр викидів твердих частинок, і ці викиди можуть розділятися на фільтровані і конденсовані фракції. Пропорції варіюються, і визначення викидів твердих частинок в значній мірі залежить від методу вимірювання.

Скорочення викидів в результаті процесу горіння може досягатися шляхом запобігання утворенню таких речовин (первинні заходи) або шляхом видалення забруднюючих речовин з відпрацьованих газів (вторинні заходи).

Первинні заходи мають кілька загальних можливостей:

- зміна складу палива і поліпшення його якості; підготовка і підвищення якості твердого палива, зокрема, вугілля (по відношенню до S, Cl,

зольності і фракційним складом палива); зміна гранулометрії палива шляхом пресування - брикетування, таблетування; попереднє очищення - очищення шляхом промивання; вибір крупності відповідно до потреб нагрівальних приладів (печей, котлів) і контроль його гранулометрії; часткова заміна вугілля біомасою (реалізація технології спільного спалювання, що дозволяє скоротити кількість SO_2 , NO_x), застосування модифікатора горіння; каталітичних добавок і добавок S-сорбенту (вапняк, доломіт), скорочення і зміна змісту вологи в паливі, особливо в разі твердого палива з біомаси;

- заміна вугілля сучасним вторинним твердим паливом, біомасою;
- оптимізація регулювання процесу горіння;
- управління кількістю топок: заміна опалювальних приладів низької ефективності більш сучасними і нагляд за їх розподілом за допомогою обов'язкової системи сертифікації; нагляд за побутовими і комунальними системами опалення;
- поліпшення конструкції топок; впровадження передових технологій в конструкції котлів.

Додаткові заходи по скороченню викидів: для установок малого спалювання можуть застосовуватися вторинні заходи з видалення викидів, особливо ТЧ. Таким чином, викиди забруднюючих речовин, пов'язаних з ТЧ, такими, як важкі метали, ПАУ і поліхлоровані дібензопарадіоксіни і фурані (ПХДД /Ф), можна значно знизити внаслідок їх видалення разом з твердими частинками.

Для твердих частинок можуть бути розглянуті наступні варіанти:

- пилоосідаючі камери: саморозподіл характеризується низькою ефективністю збору і є неефективним для дрібних фракцій частинок;
- циклонні сепаратори - широко застосовується, але мають порівняно низьку ефективність збору для дрібних частинок (<85%);
- для більш високої ефективності (94-99%), застосовуються блоки з кількома циклонами (блоки циклонів);

• електростатичні фільтри (їх ефективність становить 99,5% - 99,9%) або тканинні фільтри (з ефективністю близько 99,9%) можуть застосовуватися для більших об'єктів в діапазоні ≤ 50 МВт, але швидше за все будуть надмірними для менших об'єктів. Рівень викидів при спалюванні різних видів палива наведений у табл. 3.4

Таблиця 3.4 - Рівень викидів при спалюванні різних видів палива

Вид палива	Викиди в атмосферу без систем очищення, тонн на 1 тис. тонн натурального палива				
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	Тверді частинки	ВСЬОГО
Деревинні брикети, пелети	4,68	9,31	0,28	4,11	18,38
Деревина дров'яна	4,9	9,4	0,3	4,3	18,9
Тирса деревна	5,0	9,6	0,5	5,0	20,1
Деревинні відходи, обрізки	5,2	9,9	0,4	5,2	20,7
Швидкоросла деревина	4,8	9,5	0,0	8,4	22,7
Тріска, сучки, кора	5,6	11,4	0,8	13,4	31,2
Мазут	5,20	5,20	35,30	0,30	46
Брикети торф'яні	8,04	26,81	3,00	13,02	50,87
Кам'яне вугілля	9,58	63,56	9,20	65,32	147,66

З таблиці бачимо, що деревинне паливо (в першу чергу пелети і брикети) має більше переваг з точки зору забруднення атмосфери, у порівнянні з мазутом (тим більше з вугіллям), так як має практично мінімальний ефект за викидами парникових газів, перш за все CO₂.

На жаль, повністю виключити утворення суспендованих твердих частинок при спалюванні твердого палива неможливо. Якщо на великих котельнях, за рахунок вдосконалення установок пиловловлювання, циклонів,

будівництва високих труб і т. п., концентрацію твердих частинок вдається значно знизити, то *для невеликих котлів є тільки два рішення :*

Використання якісного низькозольного сухого палива

Що стосується більш екологічного виду палива - пелети, то головним критерієм якості є наявність сертифікату ENplus. При цьому ENplus - не просто стандарт, який регламентує фізико-хімічні властивості пелет, а ціла система, яка контролює якість по всьому ланцюжку від сировини до кінцевого споживача, що ставить до якості деревних пелет найсуворіші вимоги і розділяє їх на 3 класи.

EN plus – A1 - До цього стандарту пелет пред'являються найжорсткіші вимоги. Їх можна застосовувати тільки для побутового призначення. Вимоги до зольності дуже строгі - 0,5% для пелет з хвойних порід дерев і 0,7% для пелет з листяних дерев.

EN plus – A2 - Сорт plus - A2 вже може застосовуватися не тільки в приватному секторі, але і в котельнях. Зольність цих пелет може досягати 1%, а гранули можуть бути отримані зі змішаних порід дерев, у той час як гранули першого сорту отримують тільки з певної породи.

EN-B - Сорт EN-B - промислові або індустріальні пелети, які можуть застосовуватися на теплових станціях. Вимоги до них менш суворі. Але абсолютно для всіх пелет діє правило про те, що вони не повинні вироблятися з хімічно обробленого дерева.

Для кожного сорту існують такі параметри, як: насипна щільність, діаметр і довжина, теплота згоряння.

Якісні пелети мають блискучу поверхню без тріщин, що свідчить про дотримання технології виробництва. Колір деревних пелет сам по собі не може служити критерієм якості і по ньому можна визначити лише сировину, яку було використано виробником. Також колір може сказати про умови зберігання та транспортування.

Якщо залити пелети водою, через деякий час вони повинні перетворитися на кашоподібну масу. Якщо ж цього не сталося, то це свідчить

про низьку якість сировини і застосування виробником зовнішніх хімічних речовин. Також застосування такого методу дає можливість визначити обсяг важких частинок, що свідчить про наявність в пелетах пилу і піску.

Щоб перевірити пелети на міцність, використовують лігнотестер, в якому пелети навантажуються до 70 мАтм і поміщаються в швидкий повітряний потік. Після цього звіряється вага пелет до перевірки і після. Якісні пелети втрачають у вазі не більше 2,3%. Взагалі, чим твердіше пеллети, тим краще, так як м'які пелети кришаться при перевантаженні в бункер і подачі в зону пальника.

Як правило, пеллети пахнуть тим деревом, з якого були виготовлені або не пахнуть взагалі. З іншого боку, пеллети, при тривалому зберіганні вбирають вологість з навколишнього повітря і, відповідно, запахи.

Обираючи в якості палива дрова, потрібно пам'ятати, що для оптимального горіння і ККД вашого котла потрібно використовувати якісні, добре просушені дрова мінімум півроку у добре провітрюваному приміщенні або ж під навісом природним шляхом. Вологість дров має бути на більшій 30%.

Зольність є одним із основних показників, які визначають якість вугілля. Чим менше мінеральних домішок має вугілля, тим менше шкідливих речовин потрапляє в атмосферу. Для високосортного вугілля відсоток зольності складатиме приблизно 25%.

Для максимально ефективного спалювання такого біопалива, як тріска, бажано використовувати котли з шамотованою топкою, які забезпечують високотемпературне спалювання палива. Такими є котли на біопаливі моделі ALTER BIO.

Впровадження нових технологій спалювання брикетів

Робота будь-якого твердопаливного котла передбачає такі процеси як розпалювання, горіння та тління. Мінімізувати процес тління (а разом із ним суттєво зменшити кількість шкідливих викидів) допоможе буферна ємність – теплоаккумулятор ALTER. Його використання дозволить забезпечити:

- оптимальний процес горіння твердого палива;
- збільшення часу роботи системи на одному завантаженні;
- підвищення ККД котла.

Забезпечити тривале горіння палива допоможе також використання факельного пальника. Дозована подача якісного палива в зону його спалювання зможе зробити весь процес експлуатації опалювального обладнання більш автоматизованим та збереже екологічний баланс навколишнього середовища.

Котли з автоматичною подачею палива мають широкий ряд потужностей (як для побутових потреб, так і промислових масштабів). Згідно міжнародного стандарту ГОСТ 33016-2014 (EN 303-5:2012) при роботі котлів ALTER з дотриманням всіх вимог виробника з підключення та експлуатації, використанні якісного виду палива (зокрема, пелет) значення допустимих викидів не перевищує норму (табл. 3.5).

Таблиця 3. 5 – параметри і характеристики сучасних котлів

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Номінальна теплопродуктивність (потужність) котла	кВт	10
Орієнтовна опалювальна площа	м ²	80
Паливо	-	дрова, антрацит, кам'яне вугілля
ККД (номінальне), не менше	%	86
Площа поверхні теплообміну	м ²	1.4

В результаті аналізу літературних джерел визначено, що обсяги викидів забруднюючих речовин при спалюванні брикетів залежить не тільки від його виду і складу, але і від його вологості і коефіцієнта корисної дії котла. Особливо ефективно використовувати твердопаливні котли тривалого горіння, які мають високий ККД (до 95%) на низькі показники емісії оксиду вуглецю за рахунок повного згорання органічної сировини (рис. 3.1).

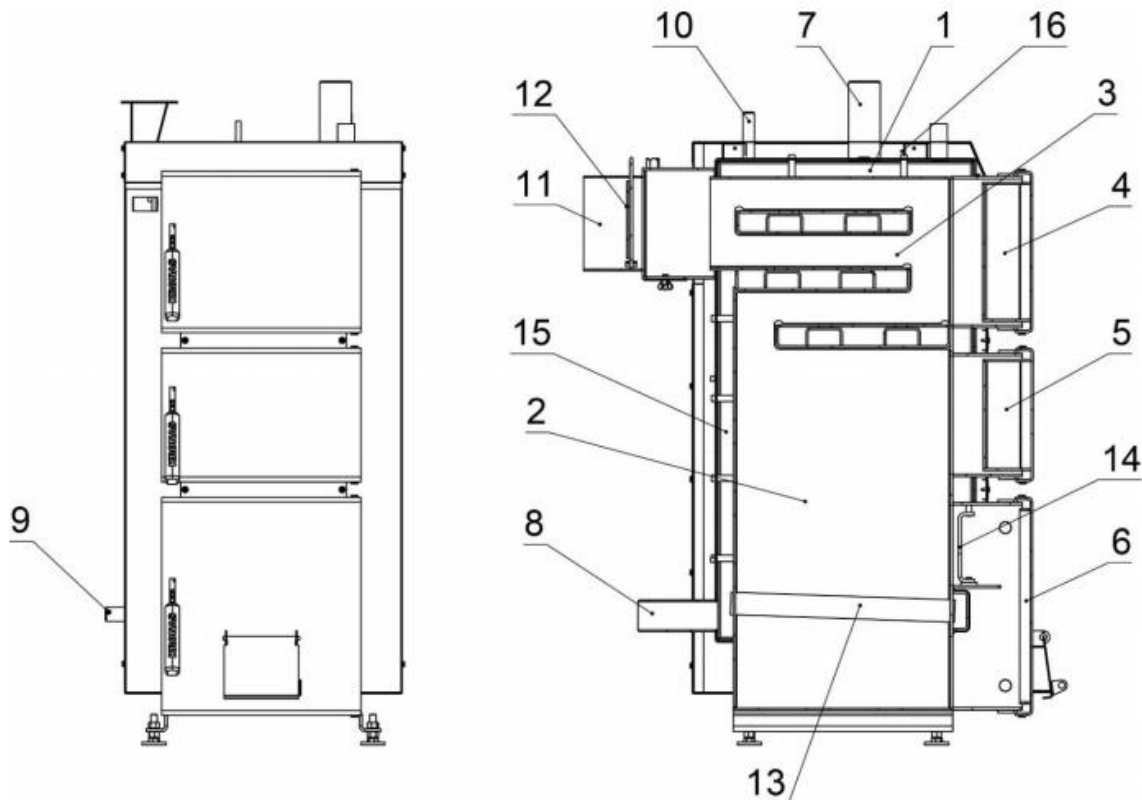


Рисунок 3.1 – Твердопаливний котел Kraft-S 3000

Таблиця 3.6 – Характеристики твердопаливного котлу Kraft-S 3000

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Номінальна теплопродуктивність (потужність) котла	кВт	10
Орієнтовна опалювальна площа	м ²	80
Паливо	-	дрова, антрацит, кам'яне вугілля
ККД (номінальне), не менше	%	86
Площа поверхні теплообміну	м ²	1.4

Слід зауважити, що обраний котел має високий ККД та відносно низькі показники емісії за рахунок повного згорання органічної сировини. Камера горіння має досить великі розміри, а трьохходовий теплообмінник розрахований таким чином, щоб забезпечувати високу ефективність (ККД) котла при роботі на будь-якому виді палива.

Тому такі котли варто рекомендувати мешканцям приватних будівель для опалювання на брикетах з органічних відходів.

3.2 Обґрунтування вибору устаткування для очищення димових газів

Скрубери призначені для очищення газоповітряних викидів від пилу і газових домішок, охолодження газів (осушення і зволоження), а також для попереднього очищення і кондиціонування газів, далі надходять в пилоуловлювальні апарати інших типів.

Скрубери як апарати мокрого пиловловлювання набули широкого поширення зважаючи на порівняно невеликій вартості виготовлення, високу ефективність пиловловлення, можливості їх використання при високій температурі і підвищеній вологості газів, що очищаються, а також у випадках небезпеки самозаймання, вибуху газів або вловлюється пилу.

Перевагою мокрих апаратів є можливість одночасного здійснення очистки газів від зважених часток (пиловловлювання), вилучення газоподібних домішок (абсорбція) і охолодження газів, що очищаються (теплообмін). Як зрошувальної рідини в апаратах мокрого пиловловлювання, як правило, застосовується вода; в разі одночасної очищення газів від пилу і газоподібних домішок вибір зрошувальної рідини (абсорбенту) визначається хімічним складом вловлюються домішок.

В результаті вивчення технічних характеристик газоочисного обладнання було обрано тарілчастий скрублер MRC-47 для мокрого очищення димових газів від пилу, та зниження рівня окису сірки та двоокису азоту.

Даний скруббер містить абсорбційний розчин NaOH. На відміну від великих промислових скрубберів дана модель має відносно незначні габарити 185x63 м та низьку продуктивність очищення, яка складає $47\text{м}^3 / \text{год}$.

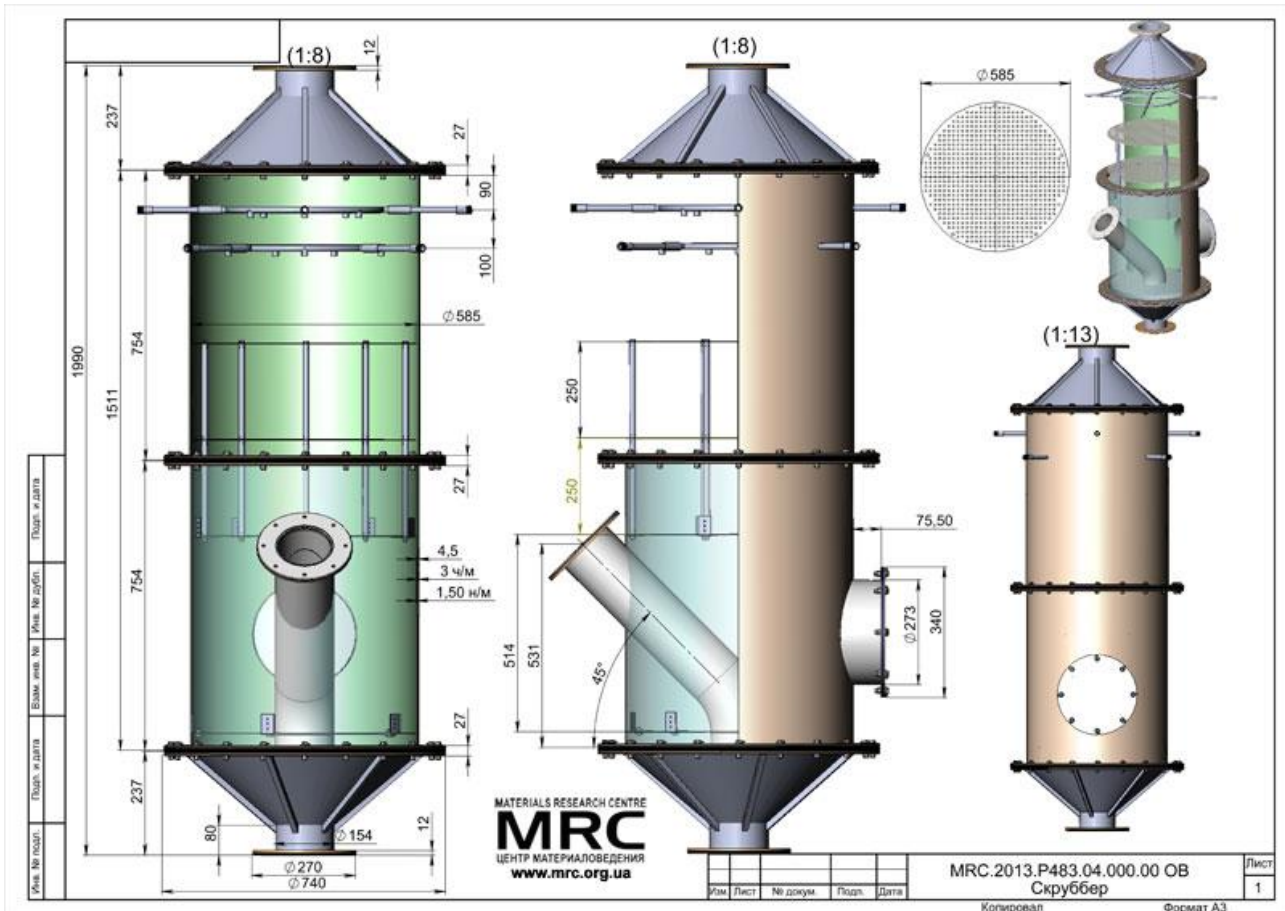
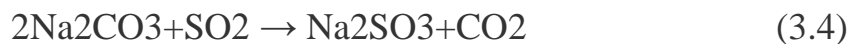
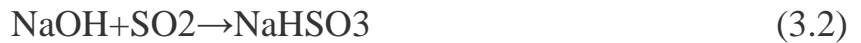


Рисунок 3.2 – Схема побутового скрубберу моделі MRC-47

Скруббер функціонує наступним чином: Газ, що надходить на очистку, подається по похилому газоходу в нижню частину скруббера і піднімається по корпусу вгору. У верхній частині скруббера розташовані 3 ярусу зрошення, що складаються з відцентрових форсунок. Розчин NaOH, яка подається під тиском розпилюється.

Утворені краплі розчину падають під дією сили тяжіння назустріч запиленість газу і потрапляють на дірчасті провальні тарілки, на яких утворюється пінний режим, і відбувається взаємодія газу з розчином.

Очищення газу від оксидів сірки (SO_2) відбувається по абсорбційної технології. При контакті розчину NaOH з газом відбуваються такі реакції:



Відпрацьований розчин і вловлена пил, збирається в нижній частині скрубера. Очищений газ відводиться через газоходи, які розміщені у верхній частині апарату.

Корпус скруббера призначений для організації потоків газу і крапель води. Система зрошення призначена для подачі і розпилення води в корпусі скрубера і організації пінного режиму на тарілках.

Пристрій відводу шламу призначений для автоматичного відведення шламу з корпусу скрубера. Система аварійного відключення подачі води призначена для відключення подачі води при неможливості відведення шламу з корпусу скрубера (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 - Скрубер моделі MRC-47 в приватному господарстві

Ефективність очистки даного скрубера становить біля 95%, а його габарити 2 на 0,6 м дозволяють використовувати цей апарати при очистки димових газів від пічного опалення в приватних будинках.

3.3 Оцінка ефективності очищення запропонованої схеми

Для оцінки ефективності запропонованих заходів, а саме використання твердопаливного котлу Kraft-S 3000 для спалювання брикетів і встановлення скрубера MRC-47 було проведено повторне моделювання в програмі УПРЗА «Еко-Центр» з урахуванням показників емісії.

Результати моделювання поширення домішок від викидів приватних будинків де встановлені запропоновані вище котли та скрубери наведено на рис. 3.4. і 3.5.

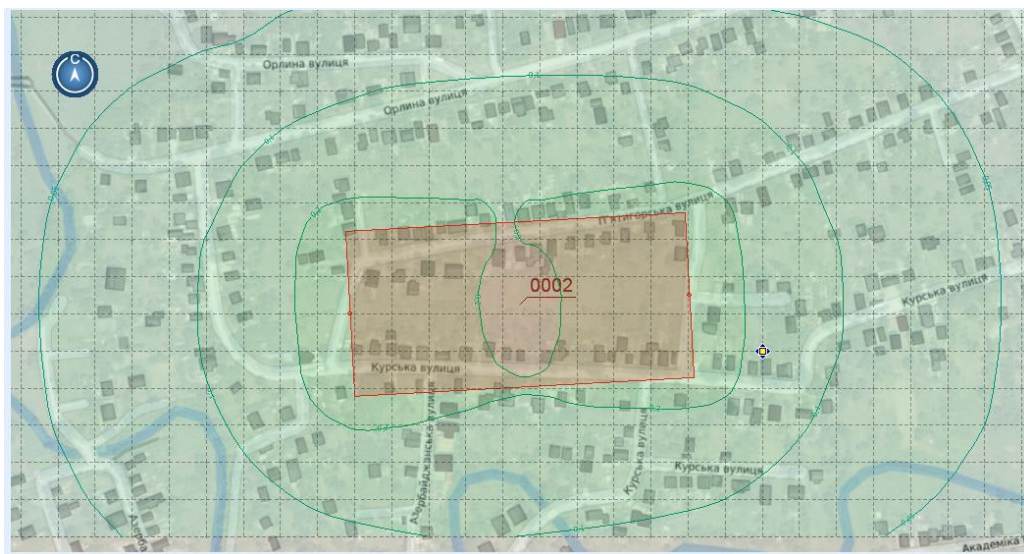


Рисунок 3.4 - Приземні концентрації твердих речовин

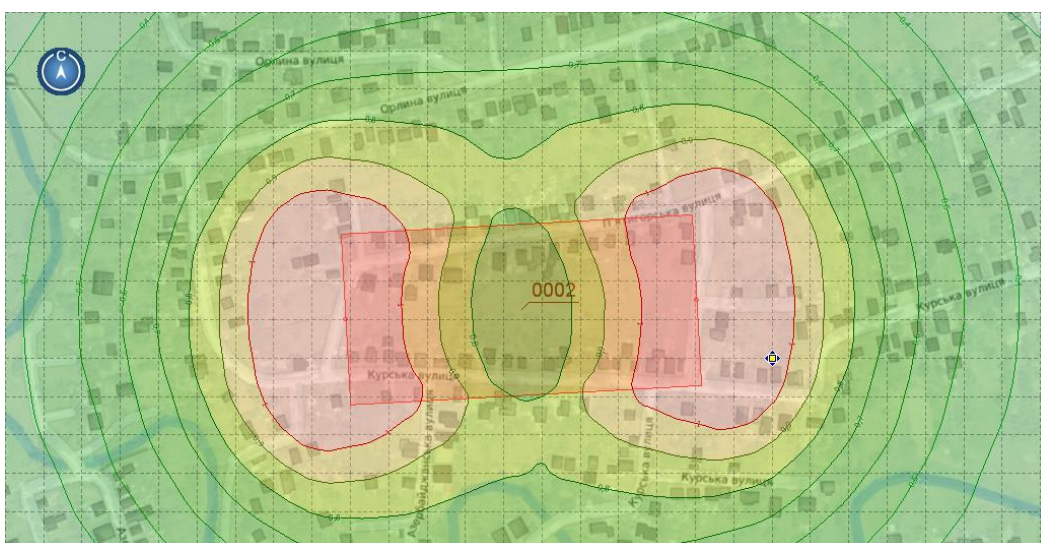


Рисунок 3.5 - Приземні концентрації двоокису азоту

Як бачимо відбувається суттєве скорочення приземних концентрацій забруднюючих речовин

3.4 Висновки до розділу

В результаті аналізу основних заходів для зниження екологічної небезпеки при спалюванні брикетів є наступні:

- скорочення обсягів викидів твердих речовин а також оксидів сірки та азоту за рахунок встановлення компактного газоочисного обладнання мокрого очищення;
- використання спеціальних твердопаливних котлів зі зниженими показниками емісій забруднюючих речовин;
- оцінка фізико-хімічних та радіоактивних властивостей відходів із яких виготовляються паливні брикети.

Таким чином, для зниження екологічної безпеки при спалюванні брикетів доцільно вживати цілу низку заходів, пов'язаними із скороченнями обсягів надходження забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВСТАНОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПИЛЕГАЗОЧІСТНОГО ОБЛАДНАННЯ

4.1 Рекомендації щодо заходів безпеки при експлуатації скрубєрів

Персонал, зайнятий обслуговуванням скрубєрів, зобов'язаний знати їх пристрій і інструкцію по експлуатації, забезпечувати дотримання оптимальних режимів і встановлених параметрів роботи пиловловлювачів, підтримувати їх в справному стані, виключати випадки травмування людей і відмови устаткування.

Перевірку знань персоналу, який обслуговує скрубєри, слід виробляти при здачі екзаменів з правил техніки безпеки і технічної експлуатації.

Скрубєри повинні бути оснащені задовільним (не менше 50 лк) освітленням майданчиків обслуговування; приєднаний до них повітропровід повинен бути обладнаний вибуховими клапанами, встановленими в місцях найбільш ймовірного відкладення пилу.

Обслуговування, ремонт і внутрішній огляд скрубєрів слід проводити тільки після відключення електродвигуна установки від мережі, вивіски на пусковий апаратурі забороняє плаката «Не включати - працюють люди!» і повного зупинення обертових частин. При оглядах не допускається користуватися переносними лампами напругою понад 12 В.

Обслуговування електромагнітного клапана повинно проводитися тільки персоналом цеху теплової автоматики і вимірювань.

4.2 Монтаж металевих повітропроводів внутрішніх систем вентиляції

До складу робіт, послідовно виконуваних при монтажі припливної системи вентиляції, входять:

- збір виготовлених деталей вентиляції;
- монтаж вентиляційної системи за проектною схемою;

- пусконаладжувальні роботи вентиляційної системи.

Вентиляція - регульований повітрообмін в приміщеннях служить головним чином для створення умов повітряного середовища, сприятливих для здоров'я людини, що відповідають вимогам технологічного процесу, збереження устаткування і будівельних конструкцій будівлі, зберігання матеріалів і продуктів. Людина в залежності від роду діяльності (енергетичних витрат) виділяє в навколишнє повітря тепло (100 ккал/год і більше), водяні пари (40 - 70 г/год) і вуглекислоту (23 - 45 л/год); виробничі процеси можуть супроводжуватися незмірно великими виділеннями тепла, водяної пари, шкідливих парів, газів і пилу. В результаті цього повітря в приміщенні втрачає гігієнічні якості, сприятливі для самопочуття, здоров'я і працездатності людини.

Гігієнічні вимоги до вентиляції зводяться до підтримки певних метеорологічних умов повітря (температура, вологість і рухливість) і його чистоти. Сутність вентиляції полягає в наступному: припливне повітря переміщується з повітрям приміщення і в результаті того, що відбувається при цьому теплообміну або масообміну в приміщенні створюються задані параметри повітря.

Роботи слід виконувати, керуючись вимогами наступних нормативних документів:

- БНіП 3.01.01-85. Організація будівельного виробництва;
- БНіП 3.05.01-85. Внутрішні санітарно-технічні системи;
- БНіП 3.05.05-84. Технологічне обладнання та технологічні трубопроводи;
- БНіП 12-03-2001. Безпека праці в будівництві. Частина 1. Загальні вимоги;
- БНіП 12-04-2002. Безпека праці в будівництві. Частина 2. Будівельне виробництво.

4.3 Організація і технологія виконання робіт по монтажу очисного обладнання

Відповідно до БНіП 3.01.01-85 "Організація будівельного виробництва" до початку виконання будівельно-монтажних (в тому числі підготовчих) робіт на об'єкті Генпідрядник зобов'язаний отримати в установленому порядку дозвіл від Замовника на виконання монтажних робіт. Підставою для початку робіт може служити Акт огляду прихованих робіт з підготовки приміщень до монтажу вентиляції. Монтаж систем вентиляції здійснюють відповідно до вимог СНиП, Робочого проекту, Проекту виконання робіт та інструкцій заводів-виготовлювачів обладнання. Заміна передбачених проектом матеріалів та обладнання допускається тільки за погодженням з проектною організацією і замовником.

Вимоги до монтажу систем вентиляції зводяться до того, щоб були забезпечені проектні параметри повітряного середовища в вентильованих приміщеннях. Цього досягають максимальної герметизацією систем повітроводів і устаткування, необхідної звукоізоляцією, належними умовами для експлуатації, ремонту і заміни обладнання.

Скорочення термінів виконання монтажно-складальних робіт, при збереженні їх високої якості, досягається при високій індустріалізації робіт, що полягає у використанні стандартних секцій вентиляційних камер, блоків і вузлів повітроводів (фасонних частин - дифузор, конфузор, коліна, трійники, хрестовини; регулюючих пристроїв - клапанів, шиберів, дросельних пристроїв; кріплень; підвісок; скоб; кронштейнів; фланців) заводського виготовлення або виконаних у майстернях відповідним механічними пристроями. На місці, як правило, тільки збирають виготовлені деталі, застосовуючи механізми для переміщення заготовок і вентиляційного устаткування.

До початку монтажу вентиляційних систем повинні бути повністю закінчені і прийняті замовником наступні роботи:

- монтаж міжповерхових перекриттів, стін і перегородок;

- влаштування фундаментів або майданчиків для встановлення вентиляторів, кондиціонерів та іншого вентиляційного обладнання;
- будівельні конструкції вентиляційних камер припливних систем;
- гідроізоляційні роботи в місцях установки кондиціонерів, припливних вентиляційних камер, мокрих фільтрів;
- пристрій підлог (або відповідної підготовки) в місцях установки вентиляторів на пружинних віброізоляторах, а також "плаваючі" підстави для установки вентиляційного обладнання;
- пристрій опор для установки дахових вентиляторів, вихлопних шахт і дефлекторів на покриттях будівель;
- підготовка отворів в стінах, перегородках, перекриттях і покриттях, необхідних для прокладки повітроводів;
- влаштування фундаментів, підстав і майданчиків для установки вентиляційного обладнання;
- нанесення на внутрішніх і зовнішніх стінах всіх приміщень допоміжних позначок, рівних проектних позначок чистої підлоги плюс 500 мм;
- оштукатурювання (або облицювання) поверхонь стін і ніш в місцях прокладки повітряходів;
- підготовлені монтажні отвори в стінах і перекриттях для подачі великогабаритного устаткування і повітроводів і змонтовані кран-балки в вентиляційних камерах;
- встановлені відповідно до робочою документацією закладні деталі в будівельних конструкціях для кріплення обладнання і повітроводів;
- забезпечена можливість включення електроінструментів, а також електрозварювальних апаратів на відстані не більше 50 м одного від іншого;
- засклені віконні прорізи в зовнішніх огороженнях, утеплені входи і отвори;
- виконані заходи, що забезпечують безпечне проведення монтажних робіт.

Приймання об'єкта під монтаж повинна проводитися працівниками монтажної організації за актом.

При прийманні об'єкта під монтаж повинні перевірятися:

- дотримання всіх вимог БНіП і діючих технічних умов;
- наявність і правильне оформлення актів на приховані роботи;
- геометричні розміри і прив'язки до будівельних конструкцій фундаментів під вентиляційне обладнання та кондиціонери, опорних конструкцій на покрівлі будинку для установки дахових вентиляторів і дефлекторів, отворів для проходу повітропроводів, монтажних прорізів;
- правильність установки закладних деталей;
- влаштування огорожі прорізів, настилів і навісів.

Навантаження заготовок на автотранспортні засоби на заготівельних підприємствах повинна проводитися силами підприємства, розвантаження на об'єкті - силами монтажної дільниці. При перевезеннях повітропроводів залежно від їх виду і габаритів слід передбачати: для повітропроводів невеликих перетинів - контейнеризацію або пакетування; для повітропроводів великого перерізу - телескопічну укладання; для напівфабрикатів - спеціальну упаковку.

Вантажно-розвантажувальні і такелажні роботи на об'єктах рекомендується проводити з максимальним використанням засобів механізації за допомогою робочих, що входять до складу бригад монтажників. До робіт з підймання і переміщення вантажів допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли спеціальне навчання за програмою такелажників і отримали відповідне посвідчення. Як механізованих вантажопідйомних засобів на об'єктах слід використовувати лебідки, автонавантажувачі, автокрани, стрілові крани на пневмоколісному і гусеничному ході, баштові і козлові крани.

Стропування повітропроводів і вентиляційного устаткування рекомендується проводити інвентарними засобами. Стропи слід вибирати в залежності від виду, маси вантажу, що піднімається і способу стропування.

Вантаж, що піднімається слід утримувати від обертання відтяжками з конопляних канатів діаметром 20 - 25 мм або відтяжками зі сталевих канатів діаметром 8 - 12 мм. Для горизонтальних елементів вентиляційних систем (укрупнені вузли повітропроводів) слід застосовувати дві відтяжки, для вертикальних (секції кондиціонерів, дахові вентилятори, димарі і ін.) - одну.

Спосіб монтажу повітропроводів слід вибирати в залежності від їх положення (горизонтальне, вертикальне), розміщення щодо конструкцій (всередині або зовні будівлі, біля стіни, у колон, у міжфермовому просторі, в шахті, на покрівлі будинку) і характеру будівлі (одно- або багатоповерхове, промислове, громадське і т.п.). Як фасонних частин складної геометричної форми, а також для приєднання вентиляційного обладнання, розподільників повітря, шумоглушників і інших пристроїв, розташованих в підшивань стелях, камерах тощо, слід застосовувати гнучкі повітроводи з склотканини СПЛ, металотканеві, алюмінієвої фольги і ін. Застосування гнучких повітропроводів як прямих ланок не допускається. З метою зниження аеродинамічного опору деталі з гнучких рукавів в змонтованому стані повинні мати мінімальну ступінь стиснення.

Монтаж металевих повітропроводів повинен проводитися, як правило, укрупненими блоками в наступній послідовності:

- розмітка місць установки засобів кріплення повітропроводів;
- установка засобів кріплення;
- узгодження з будівельниками місць розташування та способів кріплення вантажопідйомних засобів;
- установка вантажопідйомних засобів;
- доставка до місця монтажу деталей повітропроводів;
- перевірка комплектності і якості доставлених деталей повітропроводів;
- складання деталей повітропроводів в укрупнені блоки;
- установка блоку в проектне положення і закріплення його;
- установка заглушок на верхніх торцях вертикальних повітропроводів, розташованих на висоті до 1,5 м від підлоги.

Довжина блоку визначається розмірами перетину і типом з'єднання повітропроводів, умовами монтажу та наявністю вантажопідіймальних засобів. Довжина укрупнених блоків горизонтальних повітроводів, що з'єднуються на фланцях, не повинна перевищувати 20 м. В процесі монтажу повітропроводів повинен здійснюватися поопераційний контроль відповідно до Картою операційного контролю.

Монтаж вентиляторів повинен виконуватися в такій послідовності:

- приймання приміщень вентиляційних камер;
- доставка вентилятора або окремих його деталей до місця монтажу;
- установка вантажопідійомних засобів;
- строповка вентилятора або окремих деталей;
- підйом і горизонтальне переміщення вентилятора до місця установки;
- установка вентилятора (збірка вентилятора) на опорних конструкціях (фундаменті, майданчику, кронштейнах);
- перевірка правильності установки і зборки вентилятора;
- закріплення вентилятора до опорних конструкцій;
- перевірка роботи вентилятора.

В процесі монтажу вентиляторів повинен здійснюватись операційний контроль відповідно до Картами операційного контролю.

Після закінчення робіт з монтажу систем вентиляції та кондиціонування повітря виробляються передпускові індивідуальні та комплексні випробування, які слід виконувати відповідно до вимог БНіП 3.05.01-85 та БНіП 3.05.05-84. Участь представників вентиляційної, електромонтажної організацій і замовника в індивідуальних випробуваннях є обов'язковим і оформляється відповідними записами в "Журналі заявок на прокрутку електроприводу спільно з механізмом". Індивідуальні випробування вентиляційного обладнання на холостому режимі проводяться монтажною організацією під керівництвом виділеного для цієї мети інженерно-технічного працівника.

Для проведення індивідуальних випробувань вентиляційного устаткування замовник призначає відповідальну особу, уповноважену

віддавати розпорядження на подачу і зняття напруги з електроустановок. Пуск електродвигунів при випробуванні систем вентиляції та кондиціонування повітря здійснюється представником електромонтажної організації. Комплексне випробування обладнання проводиться замовником за участю представників проектних і підрядних будівельних організацій. Монтажні спеціалізовані організації спільно з експлуатаційним персоналом забезпечують цілодобове чергування для спостереження за роботою і правильною експлуатацією обладнання.

Індивідуальні випробування систем вентиляції та кондиціонування повітря допускаються лише після повного складання і установки вентиляційного обладнання, монтажу огорож рухомих частин, перевірки стану електропроводки, заземлення та правильності підключення електроживлення. Перед початком комплексного випробування і регулювання системи вентиляції та кондиціонування повітря необхідно переконатися у відсутності людей в кондиціонерах і припливних камерах, а також видалити всі сторонні предмети і інструменти з повітропроводів, фільтрів, циклонів.

Якщо при виробництві передпускових випробувань систем вентиляції та кондиціонування повітря виявлені сторонні шуми або вібрація обладнання, що перевищує допустиму, слід негайно припинити випробування. Після відключення від електроживлення вентиляційного устаткування не можна влізати і входити всередину повітропроводів, бункерів і укриттів до повної зупинки обладнання. Після закінчення передпускових випробувань і регулювання, а також під час перерв (закінчення робіт, обід) вентиляційне обладнання повинно бути відключено від електроживлення.

4.4 Загальні вимоги техніки безпеки при роботі циклонів

Для забезпечення нормальної роботи циклонів і скрубєрів необхідно при їх експлуатації дотримуватися таких умов:

- апарати повинні встановлюватися перед вентилятором (на його всмоктуючої частини);

- рідина, що орошається повинна подаватися в апарат тангенційно за ходом обертання газового потоку;

- не рекомендується встановлювати для подачі рідини кутові форсунки, що мають канал для проходу зі зломом на 90° , так як це не дає можливості очищати їх від осілого бруду, не демонтуючи їх, і, крім того, при установці форсунок на місці після ремонту і прочищення неможливо перевірити, чи правильно розташований вихідний отвір по відношенню до внутрішньої стінки апарату;

- для запобігання корозії форсунки слід виготовляти з нержавіючої сталі або іншого нержавіючої металу з вихідним отвором діаметром 4 мм. Форсунки встановлюють по дотичній до циліндра апарату у напрямку руху повітря з нахилом вниз під кутом 10° ;

- при об'єднанні групи апаратів для подачі в них зрошувальної рідини однієї насосної установкою необхідно використовувати витратні проміжні бачки (відсутність бачків тягне за собою різке коливання тиску води перед форсунками в залежності від кількості одночасно працюючих апаратів);

- Не допускати зниження витрати рідини, так як при недостатньому надходженні рідини пил прилипає товстим шаром до внутрішньої поверхні циліндра апарату, перешкоджаючи проходу газу, а злиплі шматки, періодично відвалюючи, засмічують шлаковідвідну трубу;

- не допускати збільшення витрати рідини, так як це призводить до уносу пилорідинної суміші з апарату в вентилятор і газохідну систему;

необхідно синхронізувати момент подачі рідини з пуском витяжної вентилятора і технологічного обладнання з тим, щоб не допустити роботу апарату без зрошувальної рідини;

- слід систематично і своєчасно чистити і промивати пристрої системи зрошення, шлаковідвідні пристрої і самі апарати, а також видаляти шлам;

- для очищення від шламу і промивання всіх елементів і устаткування шлаковідвідної системи повинні бути передбачені механізовані пристрої для його збору, транспортування, складування та вивозу;
- зворотній воду, що надходить до пиловловлювача, рекомендується освітлювати коагуляцією;
- для ліквідації накопичених забруднень в оборотній системі необхідно передбачати періодичні скиди (повні та часткові) в шламонакопичувач;
- для перекачування пульпи повинні бути передбачені зносостійкі насоси і пневматичні установки;
- щоб уникнути частих засмічень натиск насосів слід приймати на 20% більше розрахункового;
- для контролю витрат зрошувальної рідини на трубі, що підводить встановлюють манометр і водомір;
- для забезпечення сталості тиску і витрати рідини встановлюють проміжні водяні бачки з кульовим краном або автоматичним регулюючим пристроєм.

5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

В даному розділі визначається розрахунок вартості модернізації пропонованої системи очищення газопилових викидів котельної малої потужності яка працює на брикетах. Згідно з рекомендаціями така котельня має використовувати твердопаливний котел марки Kraft-S серії 10000 та скруббер MRC-47 для мокрої очистки її димових газів.

5.1 Розрахунок капітальних витрат на установку фільтра твердопаливного котлу Kraft-S та скрубєру MRC-47

Визначимо капітальні витрати на установку котла Kraft-S.

Капітальні витрати на введення в експлуатацію газоочисного устаткування визначаються за формулою (4.1):

$$K = C_{об} + Z_m, \text{ грн.} \quad (5.1)$$

Тут, $C_{об}$ - ціна котла Kraft-S, 620000 грн.;

Z_m - витрати на монтаж та налагодження фільтра, 84000 грн.

Таким чином капітальні витрати на введення в експлуатацію котла Kraft-S складають:

$$K = C_{об} + Z_m = 620\ 000 + 84\ 000 = 704\ 000 \text{ грн.}$$

Визначимо вартість встановлення скрубєру MRC-47:

$$K = C_{об} + Z_m, \text{ грн.} \quad (5.2)$$

Тут $C_{об}$ про, - ціна обраного фільтру, що становить 182 000 грн

де Z_m - витрати на демонтаж старих фільтрів, і установку нового скрубера MRC-47 65 500 грн. Отже капітальні витрати на введення в експлуатацію скрубера MRC-47:

$$K = C_{об} + Z_m = 182\,000 + 65\,500 = 247\,500 \text{ грн.}$$

Таким чином, капітальні витрати на введення в експлуатацію фільтра котла Kraft-S і скрубера MRC-47 складуть:

$$704\,000 + 247\,500 = 951\,500 \text{ грн.}$$

5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні витрати електроенергії при експлуатації фільтру «OXICAT-5000» становить:

$$P_{об} = M_{об} \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot K_{ч}, \text{ кВт/рік} \quad (5.3)$$

де $M_{об}$ - потужність газоочисного устаткування, кВт/год,

$$M_{об} = 1,0 \text{ кВт/год на } 1000 \text{ м}^3 \text{ (витрата газоповітряної суміші } 10000 \text{ м}^3/\text{год),}$$

$$\text{отже } M_{об} = (1,0 \cdot 10000) / 1000 = 10 \text{ кВт/рік}$$

N_1 - тривалість зміни, $N_1 = 8$ годин,

N_2 - кількість змін, $N_2 = 3$ зміни,

N_3 - число робочих днів у році $N_3 = 365$

$K_{ч}$ - коефіцієнт використання робочого часу, $K_{ч} = 0.75$.

$$P_{об} = M_{об} \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot K_{ч} = 10 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 365 \cdot 0,75 = 65700 \text{ кВт/год.}$$

Витрати на оплату електроенергії складуть:

$$Z_{э} = P_{об} \cdot C_{э}, \text{ тис. грн.}, \quad (5.4)$$

де $C_{э}$ – вартість електроенергії, 0,55 грн./кВт.

$$Z_{э} = P_{об} \cdot C_{э} = 65700 \cdot 0,55 = 24966,00 \text{ грн./год,}$$

Витрати на оплату праці:

$$Z_{\text{от.}} = K_{\text{о.п.}} \cdot \text{СТ}_{\text{з.п.}} \cdot N_{\text{з}}, \text{ грн. /год} \quad (5.5)$$

де $K_{\text{о.п.}}$ - кількість обслуговуючого персоналу, $K_{\text{о.п.}} = 1$ особа.

$\text{СТ}_{\text{з.п.}}$ - ставка заробітної плати, $\text{СТ}_{\text{з.п.}} = 6000$ грн.

$$Z_{\text{от.}} = K_{\text{о.п.}} \cdot \text{СТ}_{\text{з.п.}} \cdot N_{\text{з.}} = 1 \cdot 6000 \cdot 12 = 72000 \text{ грн. /год.}$$

Нарахування на заробітну плату становлять 22%

$$N_{\text{пфу}} = Z_{\text{от.}} \cdot \Phi_{\text{от}} = 72000 \cdot 0,22 = 15840 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на газоочисне обладнання складають:

$$Z_{\text{а}} = K \cdot A_{\text{г}} \text{ тис. грн./рік} \quad (5.6)$$

где $A_{\text{г}}$ - щорічні амортизаційні відрахування, $A_{\text{г}} = 24\%$

$$Z_{\text{а.}} = K \cdot A_{\text{г}} = 180500 \cdot 0,24 = 43320 \text{ грн./год.}$$

Таким чином, сума експлуатаційних витрат на обладнання становить:

$$Z_{\text{експл.}} = Z_{\text{э.}} + Z_{\text{от.}} + Z_{\text{н.}} + Z_{\text{а.}}, \text{ грн/рік}$$

$$Z_{\text{експл.}} = 24966 + 72000 + 7560 + 43320 = 147846 \text{ грн./рік}$$

Таблиця 5.1 – експлуатаційні витрати

№	Показник	Вартість, грн./рік
1	Витрати на оплату електроенергії	24966
2	Витрати на оплату праці	72000
3	Нарахування на заробітну плату	15840
4	Амортизаційні відрахування	43320
5	Усього:	156126

5.3 Розрахунок екологічного податку за забруднення атмосфери

Ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення встановлюються відповідно до ст. 243.1 VIII розділу Податкового Кодексу України. Таким чином, для котельної на підставі величин її валових викидів, формуються наступні складові екологічного податку (табл. 5.3.)

Таблиця 5.3 – Обсяги викидів і плата за забруднення атмосфери

Найменування забруднюючої речовини	Характеристика викидів			
	Клас небезпеки	обсяг викиду, т/г	Ставка податку, грн./т.	Усього грн.
1. Сірчистий ангідрид	3	422,734	1434,71	606500,7
2. Окис вуглецю	4	151,038	54,05	8163,6039
3. Окиси азоту	3	62,515	1434,71	89690,896
4. Пил неорганічний	3	4,26	54,05	230,253
Всього по всім речовинам за рік:				1124743,1

Таким чином, екологічний податок яка сплачує сьогодні котельня через забруднення атмосфери становить 1124743 грн. на рік.

5.4 Розрахунок економії екологічного податку за забруднення атмосфери в результаті установки очисного обладнання

З використанням котла Kraft-S і скрубера MRC-47, запропонованої нами для очищення газопилових викидів котельної, очікується зниження обсягів забруднюючих речовин в атмосферу. Відповідно до її характеристиками і

ефективністю очищення, наведеними в розділі 3.4, значення обсягів надійшли в атмосферу забруднювачів представлені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 - Прогнозовані обсяги викидів і плата за забруднення атмосфери, після впровадження очисного обладнання

Найменування забруднюючої речовини	Характеристика викидів			
	Ставка податку, грн./т.	Ставка податку, грн./т.	Ставка податку, грн./т.	Усього, грн.
1. Сірчистий ангідрид	3	84,5468	1434,71	121300,14
2. Окис вуглецю	4	15,1038	54,05	816,36039
3. Окиси азоту	3	9,37725	1434,71	13453,634
4. Пил неорганічний	3	0,213	54,05	11,51265
Всього по всім речовинам за рік:				548355,73

З таблиці 5.4. випливає, що після впровадження котла Kraft-S і скрубєру MRC-47, екологічний податок за забруднення повітряного басейну для ш. «Павлоградська» становить 548355,73 грн. на рік.

Економія платежу екологічного податку розраховується за формулою:

$$\Delta P = P_{c.}^{до} - P_{c.}^{после} ,$$

де $P_{c.}^{до}$ и $P_{c.}^{после}$ – розмір екологічних платежів відповідно до і після впровадження очисної установки, грн.

Таким чином, економія платежу екологічного податку в даному випадку складе:

$$\Delta P = P_{c.}^{до} - P_{c.}^{после} = 1124743,1 - 548355,73 = 576387,37 \text{ грн./год.}$$

Слід зазначити, що отримана сума досить значна, щодо експлуатаційних витрат. Крім того, установка котла Kraft-S і скрубєру MRC-47 має високу

ефективність очищення газів (не менше 80%), що дозволяє істотно заощадити на екологічні платежі.

5.5 Розрахунок терміну окупності

Визначимо термін окупності обладнання за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K_z + t_{екс} \cdot \sum Z_{экс}^{год}}{E_{мер} \cdot t_{екс}},$$

где K_z - капітальні витрати; $\sum Z_{экс}^{год}$ - сума експлуатаційних витрат за рік; $E_{мер}$ - економічна ефективність запропонованого заходу;

$t_{екс}$ - термін експлуатації обладнання (10 лет).

$$T_{ок} = \frac{K_z + t_{екс} \cdot \sum Z_{экс}^{год}}{E_{мер} \cdot t_{екс}} = \frac{704000 + 10 \cdot 156126}{576387 \cdot 10} = 2,1 \text{ років}$$

Отримані результати розрахунків заносимо в табл. 5.5

Таблиця 5.5 – Зведені техніко-економічні показники

Показник	Значення
1. Балансова вартість газоочисного устаткування, грн.	704000
2. Експлуатаційні витрати, грн./рік:	156126
Оплата за електроенергію	24966
витрати на оплату праці	72000
нарахування на заробітну плату	15840
амортизаційні відрахування	43320
3. Економія платежів за забруднення навколишнього природного середовища, грн. /рік	576387,37
4. Термін окупності газоочисного устаткування, років	2,1

Таким чином, термін окупності установки очисного обладнання, а саме котла Kraft-S серії 10000 і скрубера MRC-47 складе близько 2 років, що є економічно доцільно.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання даної роботи була вирішена актуальна задача зі зниження рівня екологічної безпеки при спалюванні брикетів із органічних відходів. В ході виконання отримано наступні висновки:

При спалюванні будь-якого органічного пального утворюються небезпечні забруднюючі речовини атмосферу, обсяги яких залежать як від видів палива так і від їх фізико-хімічних властивостей.

Крім того, сьогодні деревині брикети використовуються у якості пального переважно в приватному господарстві або на котельних малої потужності. На практиці ж в таких випадках системи очищення газопилових викидів від котлів малої потужності або відсутні або є примітивними, розрахованими на утримання лише твердих речовини.

Паливні брикети, які пропонують до продажу не сертифіковано відповідно до європейських стандартів, а ті сертифікати, які можуть пред'явити виробники, було видано українськими органами стандартизації, які не акредитовані в Європі;

Основними заходами для зниження екологічної безпеки при спалюванні брикетів є:

Скорочення обсягів викидів твердих речовин а також оксидів сірки та азоту за рахунок встановлення компактного газоочисного обладнання мокрого очищення;

Використання спеціальних твердопаливних котлів зі зниженими показниками емісій забруднюючих речовин;

Оцінка фізико-хімічних та радіоактивних властивостей відходів із яких виготовляються паливні брикети.

Обґрунтовано доцільність використання твердопаливних котлів тривалого горіння з метою зниження рівня емісії небезпечних речовин за рахунок повного окислення.

Рекомендовано також застосовувати скрубери моделі MRC-47 для очищення димових газів.

Таким чином, для зниження екологічної безпеки при спалюванні брикетів доцільно вживати цілу низку заходів, пов'язаними із скороченнями обсягів надходження забруднюючих речовин в атмосферне повітря через застосування котлів тривалого горіння та очисного обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Екологічні аспекти використання деревинних ресурсів .[Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/3589/>
2. Скрубберы - аппараты для очистки газов.[Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://mrc.org.ua/sistemy-ochistki-gaza/216-skrubber-dlya-ochistki-gazov>
3. Белорусские твердотопливные котлы Холмова Zubr. [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://kotel-zubr.com>
4. Закон України "Про альтернативні види палива", Ст.1 <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
5. Дзядикевич, Ю. В. Енергетичний менеджмент / Ю. В. Дзядикевич, М. В. Буряк, Р. І. Розум. - Т.: Економічна думка, 2017. - 295 с.
6. Opracowanie eksperckie w zakresie wprowadzenia ograniczen w stosowaniu paliw stalych na obszarze Krakowa / Inteligentne rozwiazania aby chronic srodowisko. – s. 134.
7. Jonas A., Görtler F., Schuster K. Holz und Energie. Niederösterreichische LandesLandwirtschaftskammer, Wien, 2018, Auflage.
8. Програма моніторингу природного довкілля Львівської області на 2011- 2015 роки і на перспективу до 2020 року. Львів, 2011
9. Zaharchenko D., Svetlichnaya Yu. Prospects of use of alternative kinds of fuel in Ukraine. Theoretical and Practical Aspects of Economics and Intellectual Property, 2017: 2: 89–94.
10. Kalinichenko A.V., Kopishinska O.P., Kopishinskij A.V. Environmental risks of shale gas production on gas-bearing areas in Ukraine. Visnyk of Poltava State Agrarian Academy, 2018; 2: 127–131.
11. Charman K. Trashing the planet for natural gas: shale gas development threatens freshwater sources, likely escalates climate destabilization. CNS, 2016; 21(4): 72–82.
12. Mislyuk Ye.V., Mislyuk O.O., Stolyarenko G.S. Operational factors influence on energy preservation and environmental safety of energy production technologies. Bulletin of Cherkasy State Technological University, 2018; 4: 81–86.
13. Наказ Мінприроди від 27.06.2006 р. N 309 «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел». <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0912-06>

14. Барановський В. А., Шищенко П. Г. Картографування стійкості геосистем - новий напрям тематичного картографування // Проблеми безперервної геогр. освіти і картографії : зб. наук. праць. К. : ЗАТ «Інститут передових технологій», 2015. Вип. 5. - С. 10-15.
15. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”. Постанова ВР 16.06.91 №1268ХІІ
16. Закон України “Про охорону атмосферного повітря”. Постанова ВР 16.10.92.
17. “Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів”. МЗ України. Наказ №173 від 19.06.96 р.
18. Список гранично – допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць, УкрНТЕК, 1998
19. Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві КНД 211.2.3.014 – 95 К.: 1995
20. Збірник «Показники емісії викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря» Друга редакція. Том 1–3. Донецьк–2008 р
21. П. Хоровиц, У. Хилл. «Искусство схемотехники». Перев с англ. М.: «Мир», 1983 г. – 590 с.
22. Л. Фолкенберри. «Применение операционных усилителей и линейных ИС». Перев. с англ. М.: Мир, 1985 г. – 572 с.
23. В. П. Мовчан, М. М. Бережний. Основи металургії. Дніпропетровськ: Пороги. 2001. 336 с.
24. 21.Металлургия чугуна. Ефименко Г. Г., Гиммельфарб А. А., Левченко В. Е. — Изд. 2., К., 1974. Стор. 394.

ТОМ 10 – ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ РЕГІОНУ (25 листопада – 27 листопада 2020 року)

УДК 504.3.054:504.064.36

Козаревич С.В., студент гр. 101м-19з-1

Науковий керівник: Бучавий Ю.В., к.б.н., доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро

ЗНИЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ СПАЛЮВАННІ ВУГЛЕПОЛІГНІНОВИХ БРИКЕТІВ ІЗ ВІДХОДІВ КУКУРУДЗЯНОЇ ПАТОКИ

В останні часи у зв'язку із підвищенням цін на вуглеводне паливе, зокрема природний газ, вугілля чи мазут для вироблення теплової або електричної енергії все частіше використовують відходи деревообробної та сільськогосподарської промисловості у вигляді паливних брикетів. Такий підхід має явні переваги – з одного боку утилізуються органічні відходи за зберігання яких підприємство має витратити власні кошти й водночас отримується безкоштовна енергія.

Порівняльна характеристика теплотворної здатності різних видів палива наведена в таблиці 1 [1].

Таблиця 1 – Теплова здатність різних видів палива

№	Вид палива	Теплотворна здатність, МДж/кг
1.	Дерево (тверда маса, волога)	10
2.	Дерево (тверда маса, суха)	12
3.	Буре вугілля	16
4.	Брикет з деревних відходів	18
5.	Чорне вугілля	20
6.	Природний газ	32

Як бачимо паливні брикети мають відносно високі теплові властивості (18 МДж/кг) у порівнянні із звичайною деревиною та бурим вугіллем. Після спалювання деревних гранул утворюється незначна кількість відходів (1-3%), які можуть використовуватися як добриво. У їх складі практично немає сірки.

Проте при спалюванні будь-якого органічного пального утворюються небезпечні забруднюючі речовини атмосферу, обсяги яких залежать як від видів палива так і від їх фізико-хімічних властивостей.

Таблиця 2 – Рівні викидів забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні різних видів палива

Вид палива	Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря без систем очищення, тонн на 1 тис. тонн палива				
	CO ₂	NO ₂	SO ₂	Тверді частинки	РАЗОМ
Природний газ	1,18	3,52	0,00	0,00	4,70
Древні брикети, пеллети	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

10-175

З таблиці видно, що деревне паливо менш небезпечно, з точки зору забруднення атмосфери, у порівнянні з торфом, мазутом та вугіллям, оскільки має невисокі показники викидів парникових газів, насамперед CO₂. Таким чином використання деревного палива в якості енергоносія більш відповідає положенням Кіотського протоколу, що стосуються обмеження та скорочення викидів парникових газів.

Проте виникає необхідність в зниженні емісії оксидів сірки та азоту при спалюванні брикетів, оскільки саме вони є найбільш поширеними забруднюючими речовинами в атмосферному повітрі населених пунктів та становлять загрозу для здоров'я населення при перевищенні допустимих рівнів. Крім того, сьогодні деревинні брикети використовуються у якості пального переважно в приватному господарстві або на котельних малої потужності. На практиці ж в таких випадках системи очищення газопилових викидів від котлів малої потужності або відсутні або є примітивними, розрахованими на утримання лише твердих речовин.

Сьогодні для скорочення обсягів викидів забруднюючих речовин на котлах малої потужності доцільно встановити компактні тарілчасті скрубери які призначені для очищення газоповітряних викидів від пилу і газових домішок а також охолодження газів. Існують моделі таких скрубєрів [2] які мають невеликі розміри (1,5-2 м у висоту при діаметрі корпусу 0,6 м) та відповідно низькі показники продуктивності очищення (від 200 л/год.) у порівнянні із промисловими скрубєрами. Натомість коефіцієнт очищення таких скрубєрів не відрізняється від промислових, і складає зазвичай не менше 95-98%. Що суттєво знижує небезпеку від викидів забруднюючих речовин.

Слід також зауважити, що обсяги викидів забруднюючих речовин при спалюванні деревного палива залежить не тільки від його виду і складу, але і від його вологості і коефіцієнта корисної дії котла. Особливо ефективно використовувати твердопаливні котли тривалого горіння, які мають високий ККД (до 95%) на низькі показники емісії оксиду вуглецю за рахунок повного згорання органічної сировини [3].

Таким чином, ефективне використання деревного палива безпосередньо залежить від його підготовки з урахуванням максимального видалення вологи. Даним вимогам в першу чергу відповідають деревне паливо у вигляді пеллет, брикетів та вугілля.

Отже основними заходами для зниження екологічної небезпеки при спалюванні брикетів є:

- скорочення обсягів викидів твердих речовин а також оксидів сірки та азоту за рахунок встановлення компактного газоочисного обладнання мокрого очищення;
- використання спеціальних твердопаливних котлів зі зниженими показниками емісії забруднюючих речовин;
- оцінка фізико-хімічних та радіоактивних властивостей відходів із яких виготовляються паливні брикети.

Таким чином, для зниження екологічної безпеки при спалюванні брикетів доцільно вживати цілу низку заходів, пов'язаними із скороченнями обсягів надходження забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Екологічні аспекти використання деревинних ресурсів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/3589/>
2. Скрубєры – аппараты для очистки газов.[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mrc.org.ua/sistemy-ochistki-gaza/216-skrubber-dlya-ochistki-gazov>
3. Белорусские твердотопливные котлы Холмова Zubr.[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kotel-zubr.com>