

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Навчально-науковий інститут нафти і газу  
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Пояснювальна записка  
до дипломної магістерської роботи

601-мНТ 11567340

Тема проекту (роботи) *«Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава»*

Розробив студент гр. 601-мНТ  
спеціальності 144 Теплоенергетика

" 26 " 01 2025 р. Векліч О.А. Векліч О.А.

Керівник дипломного проекту

" 22 " 01 2025 р. Голік Ю.С. проф. Голік Ю.С.

Рецензент

" 22 " 01 2025 р. Гляш О.Є.

Допустити до захисту:

завідувач кафедри "Теплогазопостачання,  
вентиляції та теплоенергетики"

Голік Ю.С. к.т.н., проф. Голік Ю.С.  
" 22 " 01 2025 р.

Полтава - 2025 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки України

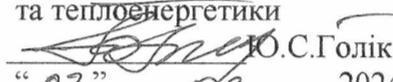
29 березня 2012 року № 384

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Науково-навчальний інститут нафти і газу  
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 144 Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
теплогазопостачання, вентиляції  
та теплоенергетики

 Ю.С.Голік  
" 03 " 03 2024 року

Тема затверджена наказом вищого навчального  
закладу №818-фа від "09" 08 року 2024

### **З А В Д А Н Н Я** **НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

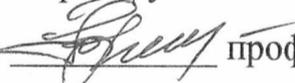
***Веклич Олександр Анатолійович***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту ***«Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава»***

Розробив студент гр. 601-мНТ  
спеціальності 144 Теплоенергетика  
" " 2024 р. *Веклич* Веклич О.А.  
601-мНТ 11567340

Керівник дипломного проекту

" " 2024 р.  проф. Голік Ю.С.

затверджені наказом вищого навчального закладу  
від " " 2024 року №

Полтава, НУПІ 2024

## ЗМІСТ

	стор
ЗМІСТ.....	2
ВСТУП.....	4
<b>Розділ 1</b> Аналіз альтернативних видів палива .....	7
1.1 Види палива, що застосовуються при спалюванні у паливоспалюючому обладнанні, їх характеристики та класифікація.....	7
1.2 Класифікація джерел теплової енергії.....	8
1.3 Проблеми ефективного використання традиційних джерел теплової енергії.....	12
1.4 Тверді побутові відходи як джерело теплової енергії.....	14
1.4.1 Теплотворна здатність відходів ТПВ.....	14
1.4.2 Оцінка впливу вологості на спалювання твердих побутових відходів.....	23
1.5 Утворення твердих побутових відходів у Полтавському регіоні.....	25
1.5.1 Обсяги утворення твердих побутових відходів.....	25
1.5.2 Склад (морфологія) твердих побутових відходів.....	27
1.5.3 Якість твердих побутових відходів .....	28
1.5.4 Фізико-хімічні показники органічного палива із біомаси.....	29
1.6 Порівняльний аналіз викидів паливоспалюючого обладнання при роботі на різних видах палива.....	33
<b>Розділ 2</b> Утворення твердих побутових відходів та RDF палива.....	41
2.1. Законодавча база щодо отримання теплової енергії з твердих побутових відходів (ТПВ).....	41
2.2 Досвід інших країн щодо використання RDF палива.....	46
2.2.1 Досвід Білорусі та країн Європейського Союзу.....	51
2.3 Аналіз об'єму та складу твердих побутових відходів у Полтавському районі.....	51
2.3.1 Об'єми накопичення побутових відходів.....	51
<b>Розділ 3</b> Аналіз котельного обладнання, що працює на альтернативному виді палива.....	58

					601-МНТ 11567340			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава</b>	Літ.	Арк.	Архушів
Розроб.	Векліч О.А.							
Перевір.	Голік Ю.С.						2	110
Зав. кафедри	Голік Ю.С.					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка, кафедра ТГВ та Т		

3.1 Технічні показники котелень, що працюють на альтернативному паливі.....	58
3.2 Характеристика котлів, які можуть працювати на альтернативному паливі.....	63
<b>Розділ 4</b> Екологічні складові спалювання альтернативного палива.....	70
<b>Розділ 5</b> Вихідні дані до розрахунку.....	74
5.1 Вибір параметрів зовнішнього повітря.....	74
5.2 Вихідні дані котельні що проектується.....	75
5.3 Характеристика встановлених котлів.....	76
5.3.1 Технічна характеристика котлів НЕУС-Т 800.....	76
5.4 Підбір котла для спалювання альтернативного палива.....	82
5.4.1 Підбір обладнання для системи водопідготовки.....	83
5.4.2 Підбір насосного обладнання котельні.....	89
5.5 Вказівки по монтажу обладнання. Загальні вимоги.....	93
5.6 Розрахунок кількості повітря на вентиляцію приміщення котельні....	94
5.7 Теоретичний об'єм димових газів.....	96
5.8 Характеристика встановленого циклону.....	99
5.9 Підбір лічильника води.....	101
5.10 Підбір мембранного розширювального бака.....	102
<b>ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....</b>	<b>103</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>104</b>

					<i>601-МНТ 11567340</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Векліч О.А.</i>			<b>Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Голік Ю.С.</i>					<i>3</i>	<i>110</i>
<i>Зав. кафедри</i>		<i>Голік Ю.С.</i>				<i>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка, кафедра ТГВ та Т</i>		

## ВСТУП

Важливе питання неухильного скорочення та зменшення запасів паливно-енергетичних ресурсів стає все більше актуальнішими для нашої країни. Значним чином вирішення цього глобального питання можливо буде за рахунок використання сучасного паливоспалюючого обладнання з високим коефіцієнтом ККД та ефективним використанням енергоносіїв різних типів, які є в наявності на теплоенергетичному ринку України.

У вирішенні цього питання важливим завданням сучасної науки та виробництва є підвищення рівня еколого-енергетичної складової котельного обладнання, що значним чином впливає на стан раціонального використання природних ресурсів, в тому числі енергетичного палива. Споживання первинних паливних природних енергетичних ресурсів (ППЕР) на одиницю валового внутрішнього продукту в Україні залишається в 3,5 рази вищим, ніж у країнах ЄС, у 2,9 рази – ніж у сусідній Польщі, у 1,6 рази – ніж у Китаї [1].

На сьогоднішній день ( 01.09.2024р.) наша країна стикається з нестачею паливних енергоресурсів та значної залежності його постачання з інших країн. Тому перед науковцями виникає потреба у раціональному використанні ППЕР, насамперед природного газу, та енергетичного палива, яке розглядається, як і мазут, як основа складового елемента що забезпечує національну енергобезпеку країни та впливають на формування сприятливого середовища для стабільного розвитку енергетичної галузі в цих складних геополітичних умовах. Для того щоб досягти позитивні моменти в цих віжливих питаннях, значним фактором, являється використання заходів, які спрямовуються на збільшення енергетично-екологічного ефекту використання палива в котлах.

Значною мірою Енергетична стратегія України до 2040 року передбачає [2], скорочення використання та споживання викопних ресурсів та збільшення частки відновлюваних джерел енергії з 5% (у 2017 р.) до 26% (у 2040 р.) від загального обсягу поставок первинної теплової енергії. Отже, ці проекти, які замінюють викопне природне паливо, таке як (вугілля та природний газ) на

					601-МНТ 11567340	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

біомасу, актуальні в нашій країні зараз та їхня кількість надалі буде збільшуватись.

Тому, однією з головних задач для України є скорочення використання викопного природного газу та розширення використання відновлюваних і альтернативних джерел первинної енергії. В цьому напрямі, безумовно, самим важливим елементом стає використання біомаси в якості оргвничного палива для виробництва теплової енергії, що використовується задля забезпечення використання споживачами в якості опаленні та гарячого водопостачання. [3]

**Актуальність поставленого питання.** Питання використання котельного паливоспалюючого обладнання, яке характеризується підвищеними екологічними показниками стають все більш важливими, особливо в умовах скорочення використання викопного природного газу. Достатньо актуальним напрямом в цьому питанні виступає поліпшення екологічних параметрів котельних установок і підвищення їхньої енергоефективності при використанні різних видів альтернативних палив, особливо в умовах оцінки екологічного впливу цих об'єктів на стан атмосферного повітря. Так в місті Полтава на даний час, головному постачальнику теплової енергії у місті, підприємстві «Полтаватеплоенерго», налічується біля 90 котелень, що працюють ще на газовому паливі й лише тільки 2 переведені на використання альтернативного виду палива (пелети та тріска).

**Мета дослідження.** Розробити проект реконструкції котельні в новому мікрорайоні міста Полтава з можливістю використання альтернативного типу палива на базі місцевих відходів ТПВ, проаналізувати роботу котлів на альтернативному паливі з точки зору ефективності використання обладнання.

**Задачі дослідження.** Дослідити різні види талива та визначити можливість використання твердих побутових відходів в якості джерела для альтернативних видів палива в роботі запроектованої котельні.

					601-МНТ 11567340	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження магістерської роботи є використання різних видів альтернативного енергетичного палива при спалюванні в котельному паливоспалюючому обладнанні.

**Предмет дослідження.** Предметом дослідження є вивчення роботи сучасних видів котельного паливоспалюючого обладнання при використанні ним альтернативних видів палива й утворення забруднюючих речовин, що виникають при спалюванні палива в котельному обладнанні.

**Методами дослідження** є сучасні методи дослідження та визначення утворення забруднюючих речовин при спалюванні в котельному паливоспалюючому обладнанні, які дозволяють вірно відобразити реальний теплотехнічний та екологічний аналіз роботи котельних котлоагрегатів, що працюють на альтернативному паливі.

**Практичне значення одержаних результатів.** Робота має практичне значення з точки зору вибору оптимального типу альтернативного палива, що має найменший негативний вплив на стан навколишнього природного середовища окремого району зони житлової забудови.

**Структура і обсяг магістерської роботи.** Робота складається зі вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, та списку використаних літературних джерел. Повний обсяг роботи складає 110 сторінок, 19 ілюстрацій, 21 таблиця, перелік використаних джерел 64.

					601-МНТ 11567340	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 1

### Аналіз наявних альтернативних видів палива

#### 1.1 Види палива, що застосовуються при спалюванні у паливоспалюючому обладнанні, їх характеристики та класифікація

Класичні підручники з котельного паливоспалюючого обладнання визначають паливо [4,5,6] як горючу речовину, що спеціально використовують для отримання тепла та іншого використання його для потреб споживачів. Паливо повинно мати визначені певні фізичні та хімічні властивості, та відповідати таким вимогам:

- легко займатися;
- при згоранні виділяти як найбільше теплової енергії;
- бути поширеним у природному середовищі, та доступним при видобуванні і дешевим при транспортуванні та у виробництві;
- мати змогу не змінювати свої основні властивості при транспортуванні та при зберіганні;
- бути нетоксичними та при спалюванні не виділяти забруднюючих або отруйних речовин у навколишнє середовище.

По параметрам цих вимог найбільш повно відповідали речовини як органічного походження: природний газ, нафта, горючі тверді копалини, які раніше застосовувалися в котельному обладнанні.

Всі види палива можна класифікувати за кількома основними критеріями: агрегатним станом, походженням, методом отримання, теплотворними властивостями та призначенням. Згідно з агрегатним станом палива поділяються на тверді, рідкі та газоподібні. З точки зору походження, палива поділяються на нафтоподібні та альтернативні. До альтернативних джерел енергії відносяться, зокрема, водень, спирти, а також численні штучно отримані вуглеводні палива. За способом одержання палива бувають природні, що використовуються у

					601-МНТ 11567340	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тому вигляді, в якому вони існували у природі, та штучні, це такі, що після видобутку їх переробляють. За тепловою енергетичною цінністю, тобто тепловою згоряння, типи палива класифікуються на висококалорійні, середньо - та низькокалорійні.

Поняття «паливо» [6] це категорія не стільки технічна, але ще й економічна та екологічна, тому що в кожному випадку його використання може бути як найбільш ефективним. Але, в сучасних реальних умовах, при використанні як паливо різного типу необхідно враховувати умови для найменшого забруднення стану навколишнього середовища.

Приклад класифікації основних типів палив по походженню та агрегатному стану наведено у табл. 1.1.

Класифікація виду палива

Таб 1.1

Агрегатний стан палива	Походження палива	
	природне	штучне
Тверде	Викопне паливо (торф, буре та кам'яне вугілля, антрацит, горючі сланці), дрова, відходи від сільськогосподарського виробництва	Кокс, напівкокс, торфові та кам'яновугільні брикети, деревне вугілля, пелети
Рідке	Нафта	Топкові мазути, паливо пічне побутове, дизельне паливо, солярове масло, бензин тощо
Газоподібне	Природний та супутній газ	Гази: генераторний, доменний, коксовий та ін. Пропан-бутанові суміші. Біогази.

## 1.2 Класифікація джерел теплової енергії

Нетрадиційні та відновлювані джерела теплової енергії останнім часом становляться одними з ключових критеріїв сталого розвитку країн є [7] пошук нових технологій та постійне удосконалення існуючих. Це передбачає не тільки досягнення економічної ефективності, а й розширення можливостей їх застосування в різних сферах.

Це стало важливим завдяки тому, що основні використані органічні ресурси, окрім вугілля, та навіть при їхньому достатньо бережному споживанню,

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Згідно з даними Світової енергетичної ради, енергетичні ресурси планети класифіковано на 16 основних видів. [7]. Вони виділяються в окремі типи груп, що пов'язані (рис. 1.1):

1. Рівень та масштаб його освоєння: це традиційні й нетрадиційні;
2. Природа енергоутворення: це відновлювані та невідновлювані.

Розподілення паливних енергетичних ресурсів для першої групи проводимо з огляду для рівня їх освоєння та розповсюдження енергозберігаючих технологій та їх використання; для другої групи – тип та періодичність їх утворення, це невідновлювані у часі джерела енергії, що утворюються впродовж великих відрізків часу, тоді як відновлювані джерела енергії в тій або іншій періодичності постійно присутні в середовищі.

До **традиційних паливних енергоресурсів** причисляють усі енергетичні джерела, що є первинними викопними джерелами енергії для сучасного традиційного використання енергетики, це всі невідновлювані джерела енергії, та два типи відновлюваних джерел теплової енергії: дрова та гідроенергія водопотоків.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



газоконденсатних та нафтогазоконденсатних родовищ, попутний або нафтовий газ, промисловий газ, газ метан з вугільних родовищ.

**Невідновлювані або вичерпні природні енергоресурси** це природний газ, нафта, вугілля, торф, ядерне паливо.

**До відновлюваних або невичерпних природних енергоресурсів** відносяться - енергетичні потоки, які постійно або періодично впливають на навколишнє природне середовище, класифікуються як відновлювальні джерела енергії (ВДЕ). Вони поділяються на дві основні категорії: пряма енергія сонячного випромінювання та її вторинні прояви, такі як енергія вітру, гідроенергія, теплові потоки навколишнього середовища, а також енергія біомаси. До цього списку також відносяться: сонячна промениста енергія, енергія вітру, гідроенергія від течій, хвиль та припливів, теплова енергія Землі, повітря, морів і океанів, а також енергія, що виділяється під час використання мускульної сили людей і тварин.

До відновлювальних джерел енергії також належать всі види рослинності (біомаса), яка накопичує енергію сонячного випромінювання в процесі фотосинтезу. Це постійне збільшення і накопичення енергії у вигляді органічної маси рослин є важливим ресурсом для отримання енергії в майбутньому.

Геотермальна енергія зараховується до відновлюваного типу енергії, але теплова геотермальна енергія виділяється як результат проходження хімічної реакції, що відбуваються у ядрах та розкладання радіоактивної складової елементів, це значить, що вони по своїй суті є невідновлюваними джерелами теплової енергії.

Підсумовуючи зазначене можливо відзначити, що до нетрадиційних відновлювальних джерел енергії (НВДЕ) відносяться [7] гідроелектростанції (як великі так середні і малі), геотермальна, сонячна, фотоелектрична та теплова енергія, енергія припливів, хвилі океанів, вітру, твердої біомаси, газу біомаси, рідкого біопалива та відновлюваних відходів муніципальних звалищ, та теплову складову частку енергії, яка «створюється» при використанні

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

теплових насосів, торфу, шахтного метану та вторинних джерел енергії, також: скидне тепло, відходи промисловості, тиск газу доменного виробництва та природного газу під час їх транспортування.

Сьогодні доля НВДЕ при виробництві енергії у розвинутих країнах світу постійно збільшується та їхній потенціал використання на декілька порядків вище, ніж рівень споживання викопних паливно-енергетичних ресурсів у світі. Так у найближчі 15 років прогнозуємо щорічний рівень зростання світових обсягів з отримання електричної енергії на рівні 2,9 %, а електричної енергії НВДЕ - 9,3 % [8].

### **1.3 Проблеми з ефективного використання традиційними джерелами теплової енергії**

Для України проблема ефективного використання традиційних викопних джерел теплової енергії стоїть ще актуальніше, ніж у світі або в країнах ЄС [9]. Основними причинами такого стану є:

- використовувані застарілі існуючі технології;
- повне вичерпання використаних ресурсів основних фондів з видобутку електроенергії та теплової енергії, які разом з низьким рівнем ефективності використання органічного палива призведе до збільшення великих обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферу.
- більш значні витрати для транспортування палива, розподіл або використання електричної та теплової енергії;
- залежність країни від імпорту викопних енергоносіїв дуже ускладнює ситуацію, що утворилася на енергетичному ринку нашої країни.

Необхідність у подальшому розвитку використання альтернативних джерел теплової енергії в нашій країні зумовлюється сучасним аналізом використання енергетичних ресурсів основними споживачами.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Структура в споживанні викопних енергетичних ресурсів середньостатистичної країни Європейського Союзу має наступний вигляд: вугілля - 22%; газ - 43%; нафтопродукти - 14%; електроенергія - 21%; альтернативні джерела теплової енергії - 5%, ( рис, 1,2). [10].



Рис. 1.2 Структура споживання енергоресурсів середньостатистичної країни ЄС

Однією з перспективних альтернатив традиційним видам викопного палива є використання енергетичного потенціалу біомаси [11]. Під біомасою розуміють різноманітні види рослинності, а також рослинні відходи, що утворюються в аграрному секторі, деревообробній та інших промислових галузях, які мають енергетичну цінність і можуть бути використані як паливо. В українському законодавстві [12] визначення біомаси як сировини для енергетичного використання надається в Законі України "Про альтернативні типи палива". Згідно з цим визначенням, біомасою є невикопне біологічно відновлюване органічне речовиною, яка здатна до біологічного розкладу. До біомаси відносяться продукти, відходи та залишки лісового господарства, сільського господарства (як рослинництва, так і тваринництва), рибного господарства, а також технологічно пов'язані з цими галузями промисловості та

складові частини промислових або побутових відходів, здатні до біологічного розкладу.

У більшості випадків джерелом біомаси є відходи та залишки сільськогосподарського виробництва, харчової промисловості, а також відходи, що утворюються в процесах заготівлі та переробки деревини на виробництвах. Крім того, важливим джерелом є органічні відходи, які виникають в домашньому господарстві та в системах житлово-комунального обслуговування, так звані тверді побутові відходи (ТПВ). Взагалі для того щоб отримати біомасу використовують також спеціально вирощені однорічні та багаторічні енергетичні рослинні культури, які дають досить швидкий у часі приріст біомаси на одиницю використаної площі (це такі - просо, верба, тополя, бамбук, сорго та інші подібні рослини).

Як основні фізичні і енергетичні характеристики ТПВ як сировина для палива відносяться зольність та вологість, нижча теплота згоряння та насипна щільність, мінімальний розмір частинок та температура плавлення.

## **1.4 Тверді побутові відходи як джерело теплової енергії**

### **1.4.1 Теплотворна здатність відходів ТПВ**

Теплотворна здатність твердих побутових відходів (ТПВ) значним чином визначає спроможність ТПВ щодо використання його в якості палива для отримання теплової енергії. В розвинених країнах світу цьому питанню за останні роки приділяється значна увага [14-18].

Актуальною та взагалі важливою в цьому питанні є робота фахівців Інституту технічної теплофізики НАН України разом з Філіалом «Заводу “Енергія”» ПАТ «Київенерго» і «Науково-дослідного та конструкторсько-технологічного інституту міського господарства» [13].

В дослідженні було проведено аналіз теплотворної здатності твердих побутових відходів (ТПВ) з різних країн, на основі елементного складу їх

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

компонентів. Розрахунки показали, що теплотворна здатність ТПВ може значно варіювати залежно від складу відходів, зокрема вмісту органічних та неорганічних складових. Водночас, у результаті проведених експериментальних досліджень, були отримані дані про кількість теплоти, що виділяється при спалюванні змішаних типів ТПВ. Ці дослідження дозволили оцінити потенціал використання ТПВ як джерела енергії, зокрема для виробництва тепла та електричної енергії на прикладі м. Києва. В результаті наукових напрацювань використаних у сміттєспалювальному підприємстві «Енергія» ПРАТ «Київенерго».

Зараз на Полтавському обласному комунальному виробничому підприємству теплового господарства «Полтаватеплоенерго» стоїть завдання вивчити можливість використання палива з ТПВ в якості альтернативного палива.

В наведених [13] даних фактично вирішується це завдання, тільки у відношенні до міста Києва. При цьому визначено, що сучасний стан розвитку світової теплоенергетики спрямований на скорочення споживання викопного палива, зокрема заміщення його альтернативними джерелами теплової енергії.

Тверді побутові відходи (ТПВ) визначені згідно з Директивою 2008/98/ЄС «Про відходи» [19] та в рамках Національної стратегії поводження з відходами в Україні, тверді побутові відходи (ТПВ) розглядаються як вторинний матеріальний та енергетичний ресурс. Використання ТПВ для отримання енергії має важливу перевагу завдяки постійному збільшенню їх кількості, а також зручному розташуванню поблизу споживачів енергії в населених пунктах.

Високо розвинені країни вже багато років використовують ТПВ як альтернативне джерело енергії, що може частково або повністю замінити природний газ для виробництва теплової та електричної енергії, особливо в великих містах з населенням понад 300-600 тисяч осіб. Впровадження таких систем, як «Котельня-на-ТПВ», сприяє ефективному використанню місцевих відходів та зменшенню залежності від традиційних джерел енергії.

					601-МНТ 11567340	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У 2021 році в Європейському Союзі було зафіксовано 486 теплоелектричних центрів (ТЕЦ), що працюють на ТПВ, де було спалено 88,6 мільйона тонн відходів. У той же час, доцільність впровадження таких котелень залежить від морфології ТПВ, теплотворної здатності їх компонентів та вологості, що безпосередньо впливає на кількість енергії, яку можна отримати при спалюванні таких відходів. Тому визначенню теплотворної здатності ТПВ присвячено значну кількість наукових досліджень, що дозволяє оптимізувати процес їх використання для енергетичних потреб. Загальнені значення теплотворної здатності відходів ТПВ з різних країн світу надані в таблиці. 1.2 [20].

### Теплотворна здатність ТПВ країн світу

Табл. 1.2

№зп	Країна	Теплотворна здатність, ккал/кг
1	2	3
1	Тайвань	1000-1800
2	Корея	1000-1500
3	Китай	800-1200
4	Європа	1700-2400
5	Бразилія	1100-1600
6	США	2300-3200
7	Сінгапур	1000-2000
8	Швейцарія	2200-3600
9	Японія	1200-2500

Важливо відзначити, що джерела спостерігають пряму залежність теплотворної здатності відходів країни від рівня розвиненості промисловості та її населення [21]. Зазвичай нижча теплотворна здатність відходів ТПВ визначається як відповідність до її морфологічного визначеного складу, та

елементного складу виявлених окремих компонентів побутових відходів та їхньої вологості.

Так теплотворна здатність речовини кожного окремого елемента визначається як правило з використанням калориметричної бомби, теплота згоряння визначається за всіма відомою методикою Менделєєва [22]. В наш час деякі дослідження згоряння привели до виведення інших формул визначення теплотвірної спроможності кожного елемента відходів [23-24].

– У таблиці 1.3 вказані результати проведених розрахунків визначення теплотворної спроможності компонентів відходів, що були проведені організаціями у розвинених країнах світу:

- Департаментами навколишнього природного середовища та продовольства і сільського господарства Великої Британії[25],
- Світовим Міжнародним Банком (WB) [26]
- Міжнародною організацією з побутових відходів (ISWA) [14].

За результатами розрахунків з теплотворної здатності побутових відходів, що проведені в «Харківському національному університеті міського господарства ім. О.М.Бекетова» [15] та «Миколаївському Національному університеті кораблебудування ім. адм.Макарова» [16], у «Євразійському національному університеті ім.Л.М.Гумільова (Казахстан)» [29] дані надані в таблицях 1.2 та 1.3.

Згідно з даними, наведеними в таблицях 1.3 та 1.4, класифікація твердих побутових відходів (ТПВ) у провідних країнах світу є набагато більш детальною порівняно з країнами СНД. Це дозволяє отримувати точніші та більш інформативні результати щодо складу та властивостей ТПВ.

Водночас стандартне відхилення теплотворної здатності компонентів ТПВ є значним фактором, який вказує на різноманітність складових відходів та їх вплив на ефективність процесів спалювання та отримання енергії. Такий підхід дозволяє краще врахувати характеристики різних типів відходів та налаштувати енергетичні установки для максимальної ефективності та мінімізації

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

екологічних наслідків, (за винятком пластмаси, полімерних матеріалів) за участю фахівців з нашої країни при визначених мінімальних числових значеннях становить 7.6% ( Рисунок 1.3а), а при визначених максимальних значеннях -2.5% (рисунок 1.3б.).

Аналізуючи стандартне відхилення  $Q_{nr}$  за дослідженням спеціалістів нашої країни бачимо близьку збіжність отриманих ними результатів, це свідчить про коректність отриманих при дослідженні результатів. Врахування в розрахунках теплотворної здатності пластичних мас призводить до збільшення мінімального рівня стандартного розрахункового відхилення до 12,6 % (рисунок .3, а), та максимального відхилення – до 17,7 %. Ця похибка - наслідок явного виразу невідповідності початкових матеріалів, що аналізуються, через дуже велике різномаяття пластмасових та полімерних виробів, це підтверджує нагальну потребу запровадження в нашій країні методики детального визначення компонентів твердих відходів для подальшого елементного аналізу.

### Морфологічний склад та теплотворна здатність відходів

Табл. 1.3

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

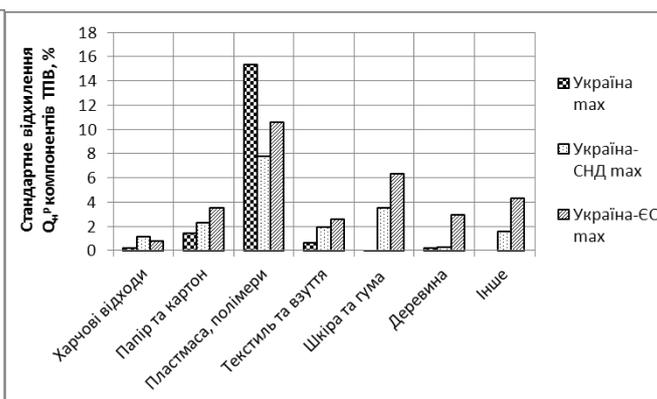
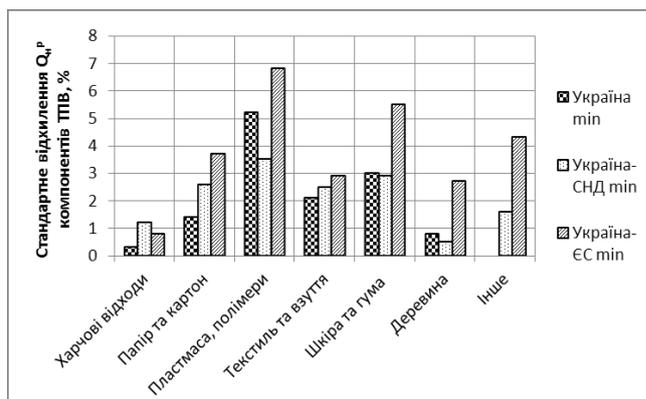
№з/п	Тип компоненту ТПВ	Нижча теплотворна здатність ТПВ, МДж/кг		
		Defra [25]	WR [26]	ISWA[14]
1	Харчові відходи	3.4	1.9	4
2	Папір та картон	10.8	6.4	16
3	Пластик:	-	20.1	35
	- Щільний пластик	26.7	н/д	н/д
	- Полімерна плівка	21.2	н/д	н/д
4	Текстиль та взуття	14.3	11.8	19
5	Несортований залишок горючий	13.9	н/д	н/д
6	Шкіра та гума	н/д	14,3	н/д
7	Деревина	н/д	9.3	н/д
8	Садово-паркове сміття	4,6	н/д	н/д
9	Підгузники та засоби санітарної гігієни	5.4	н/д	н/д
10	Дрібний змет	2,5	2,6	н/д
11	Інше	н/д	н/д	11

Нижча теплотвірна спроможність компонентів відходів ТПВ за даними дослідження фахівців нашої країни та СНГ

Табл. 1.4

					601-МНТ 11567340	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ з/п	Тип компоненту ТПВ	Нижча теплотворна здатність тпв, МДж /кг					
		Дослідження України			Дослідження ЄС		Дослідж. Казахстан [ 18 ]
		[15]	[16]	[17]	[13 ]	[19 ]	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Харчові відходи	3.1-3.8	3.5	3.5-4.0	5.3	3.4	3.3
2	Папір та картон	7.5-11.5	9.6	14.0-15.0	12.9	9.5	9.9
3	Пластмаса , полімери	17-46.0	24.4	27.0-28	26.3	24.4	24.4
4	Текстиль	12.1-14.2	15.0	14.0-15.0	18.7	15.7	15.7
5	Шкіра, гума	20.9-25.1	25.2	23-24	н/д	25.8	25.8
6	Деревина	13.4-14.2	14.5	14-15	н/д	14.5	14.5
7	Відсів менше Ніж 16мм	н/д	3.1	н/д	7.04	4.6	4.6
8	Зола, шлак	н/д	н/д	н/д	н/д	8.7	н/д
9	Інше	н/д	н/д	н/д	н/д	18.1	н/д



а) мінімальне

б) максимальне

**Рис. 1.3.** Загалом, різниця в стандартному відхиленні теплотворної здатності компонентів ТПВ між Україною, країнами СНД та ЄС свідчить про різні рівні досліджень та застосування технологій для оцінки потенціалу відходів як джерела енергії.

Як свідчать дані рис. 1.3.а, мінімальні стандартні відхилення нижчої визначеної теплотворної здатності кожного з компонентів відходів за дослідженнями спеціалістів країн СНД (14,9 %), що відрізняється від результатів спеціалістів нашої країни майже в 2,2 рази, а максимальні (18,6 %) – приблизно становить 7,2 разів; мінімальні стандартні відхилення за

дослідженнями спеціалістів з країн ЄС та нашої країни (26,8 %) відрізняються в 3,6 рази, а максимальні (32 %) – у 11 разів, це пояснюється різними типами морфології відходів між нашими країнами.

В місті Києві працює сміттєпереробний комбінат «Енергія» ПРАТ «Київенерго» (далі «Завод»), на якому спалюються наявні змішані відходи ТПВ. В процесі спалювання відходів виробляється тепла енергія, що може використовуватися для забезпечення теплом житлового району «Позняки» в м. Київ.

Відзначається, що додатково фахівцями експериментально було проведено дослідження змін щомісячного морфологічного складу та вологості відходів. Усереднення за місяцями року компонентний склад побутових відходів представлений на рисунку 1.4. Фахівцями проводились дослідження з визначення кількості теплоти, яке виділяється при спалюванні в печах змішаних твердих побутових відходів, що надходять на «Завод», усереднений по місяцях та сезонах року. Дані дослідження проводилися при природній вологості повітряно-сухого стану відходів, та при природній вологості речовини, з якою відходи ТПВ вивантажувались із сміттєвозів до завантажувального бункера підприємства.

Для визначення втрат теплоти від механічного недопалу в твердих побутових відходах (ТПВ) проводився процес термічного допалювання шлаку в муфельній печі. Метою було забезпечити повне вигорання органічного складу відходів і визначити енергетичні втрати, що виникають через неповне згорання. Процес допалювання відбувався при температурі близько 800 °С, що забезпечувало оптимальні умови для подальшого окиснення органічних компонентів.

Термічне допалювання тривало до досягнення сталої ваги зольного залишку, що дозволило точно оцінити рівень повноти згорання. Такий підхід дозволяє з'ясувати, який відсоток теплотворної здатності відходів не був реалізований через недопал або неповне спалювання органічних компонентів.

					601-МНТ 11567340	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення таких втрат є важливим для розробки ефективних технологій спалювання ТПВ і зниження енергетичних втрат на етапі їх переробки в енергетичних установках. Охолоджений зольний залишок зважується на електронних лабораторних приладах. За різницею ваги шлаку до термічної обробки та ваги зольного залишку після термообробки (спікання) в муфельній печі і визначається механічний недопал при спалюванні наважки відходів, який складав влизько 5...7 %. Зольність наважки відходів ТПВ визначалась як відношення ваги зольного залишку до ваги наважки.

На основі результатів, отриманих фахівцями, за розробленим алгоритмом було розраховано кількість теплоти, що виділяється під час згоряння наважки твердих побутових відходів, а також її зольність. Експериментальні дослідження процесу спалювання підготовлених наважок побутових відходів з заданим морфологічним складом проводились як у повітряно-сухому стані наважки, так і при вологості, що відповідає рівню вологості побутових відходів, які надходять на підприємство. Результати отриманих даних надані у табл. 1.5.

					601-МНТ 11567340	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

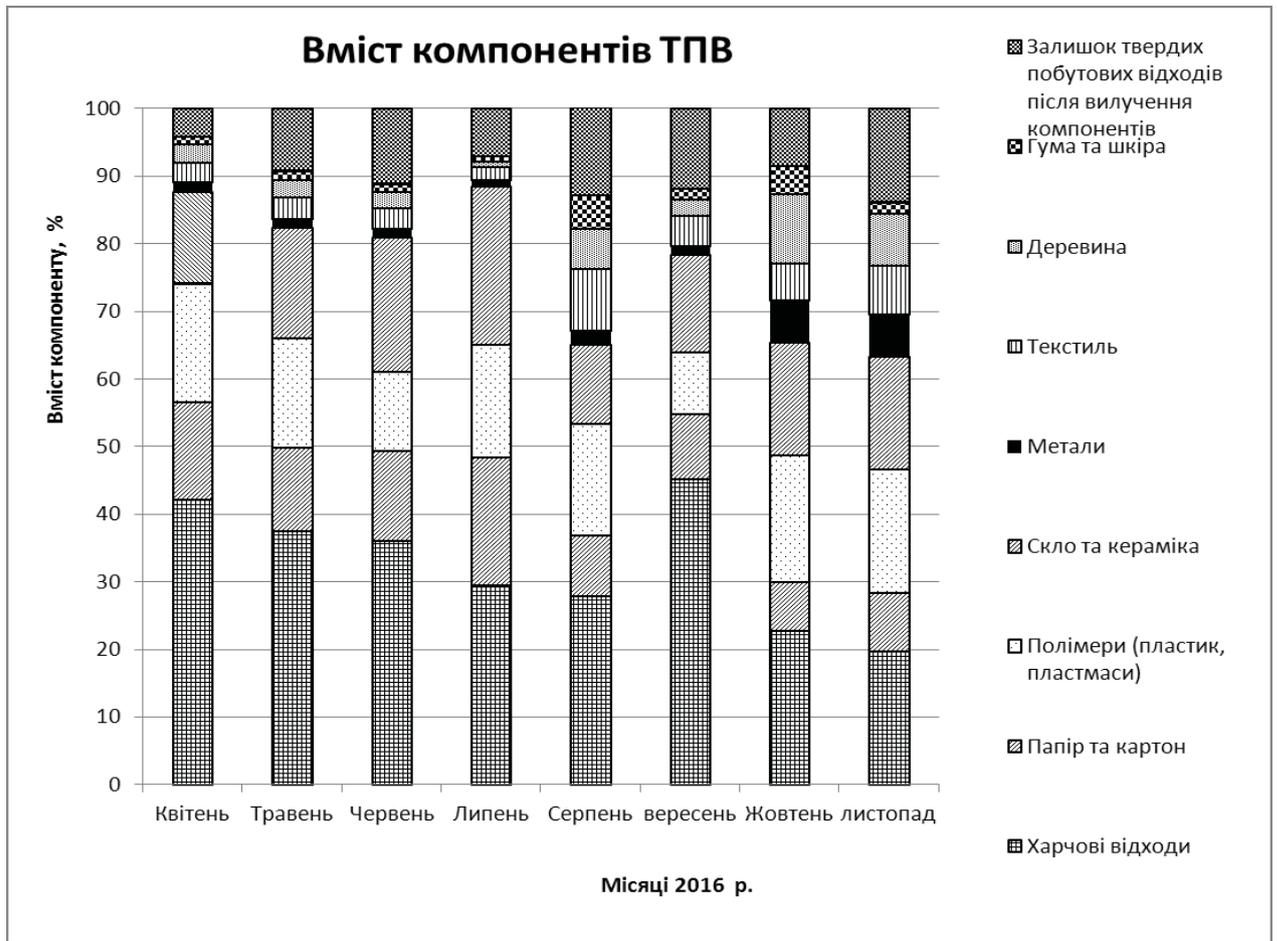
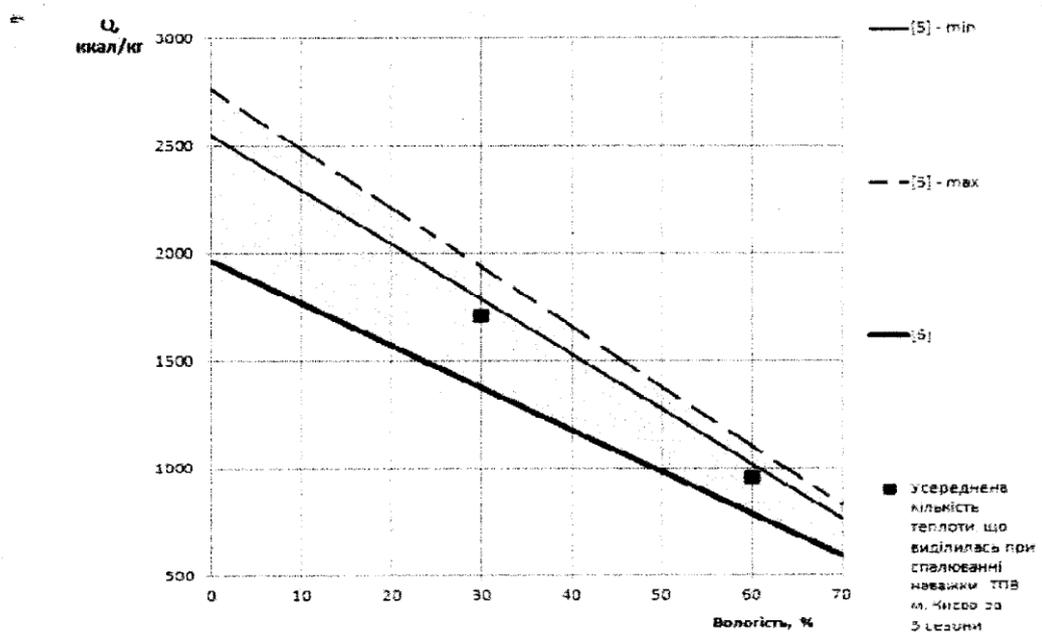


Рис. 1.4. Усереднений по місяцях року склад відходів.



**рис. 4. Відповідність усередненої теплотворної здатності ТПВ м. Києва в залежності від вологості наявним літературним даним.**

Рис. 1.5 Відповідність усередненої теплотворної здатності навички в залежності від вологості

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-МНТ 11567340

Арк.

24

Результати проведених досліджень з визначення кількості теплоти, що виділялась при спалювання наважки відходів ТПВ

Табл. 1.5

№ з/П	Вологість наважки відходу, %	Кількість теплоти, яка виділялась при спалювання наважки відходів ТПВ
1	У весняний сезон	
2	33.6	1621-1688
3	58.3	1016-1060
4	У літній сезон	
5	28.6	1696-1720
6	57.4	1025-1041
7	В осінній сезон	
8	27.4	1746-1774
9	67.3	787-799

**1.4.2 Оцінка впливу вологості на спалювання твердих побутових відходів**

Додаткова інформація стосовно визначення оцінки впливу вологості при утилізації твердих побутових відходів отримана зі статті «Визначення раціонального показника вологості при спалюванні твердих побутових відходів» за авторства Т.В.Гребенюк, О.Я.Тверда, М.В.Репін, Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Журнал Енергетика: економіка, технології, екологія. 2019, №4 стор.134-141, [30].

Метою даного проекту було визначення показника прийняттого рівня вологості відходів для спалювання твердих побутових відходів, при якому наявна кількість забруднюючих викидів буде якнайменшою.

При плануванні процесу спалювання суміші відходів ТПВ враховувалося багато параметрів:

- ✓ технологія, за якою утилізуються сміття,

					601-МНТ 11567340	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ✓ їх морфологічний склад,
- ✓ необхідність її попередньої підготовки (сортування, подрібнення),
- ✓ агрегатний стан відходів ТПВ,
- ✓ фракційний склад відходів,
- ✓ теплота згорання відходів та інше.

Фахівці визначили, що важливою характеристикою відходів є їх вологість. Волога — це кількість рідини, яка вбирається матеріалом у вигляді пари або води. Її можна визначити двома основними способами: як відсоток від загальної маси зразка та як відсоток від сухої маси наважки. Зазначений перший метод є більш поширеним, а формула для його обчислення має вигляд:

$$M = (w - d) / w * 100\% (1),$$

де М – вміст вологи, %;

w – вага свіжого зразка наважки;

d – вага зразка після висихання.

Різні відходи мають різні характеристики, що стосуються по вмісту вологи та питомої ваги [30]. Як видно з даних табл.1.6, типовий вміст вологи змінюється від 80% до 0% в залежності від матеріалів.

Дані щодо типової вологості у відходах

Табл. 1.6

№ з/п	Тип відходів	Вологість, % маси	
		Діапазон	Типова
Житлові відходи			
1	Харчові відходи змішані	50-80	70
2	Пластик	1-4	2
3	Дворові відходи	30-80	60
4	Алюміній	2-4	2
5	Папір	4-10	6
6	Картон	4-8	5
7	Жерстяні банки	2-4	3
8	Текстиль	8-15	10
9	Гума	1-4	2
10	Шкіра	8-12	10
11	Скло	1-4	2
12	Деревина	15-40	20



чисельний параметр було досягнуто за рахунок 92-99% охоплення всієї спільноти в містах області, зокрема в місті Полтава.

Тому визначення потенційної кількості обсягів утворення твердих побутових відходів проводимо за умов:

- поступового збільшення послуг зі збирання відходів до 95% в усіх громадах, а у 7 громадах Полтавського кластеру – до 99%;
- проведення корегування визначених обсягів збирання твердих побутових відходів з врахуванням наявного фактичного обсягу збирання твердих побутових відходів на території 24-х територіальних громад Полтавського кластеру (на протязі 2021, 2022, 1 половини 2023 років);

Однією з проблем, що негативно впливає на ефективність управління твердими побутовими відходами (ТПВ) в Україні, є відсутність в більшості громад спеціалізованих відділень для роздільного збору побутових будівельних відходів, садово-паркових відходів та відходів від прибирання вулиць. Це призводить до того, що ці відходи потрапляють до загальної маси ТПВ, значно збільшуючи обсяги зібраних відходів. Наслідком цього є труднощі в їх подальшій переробці та утилізації, а також збільшення витрат на транспортування та обробку відходів, що ускладнює реалізацію ефективних систем управління відходами в громадських і міських зонах. Виходячи з вище зазначених умов, були уточнені потенційні обсяги побутових відходів, які можуть в перспективі (потенційно до 2028-2029 років) збиратися на 24-х територіальних громадах (табл. 1.7) і окремо на територіях 6 громад (табл.1.8).

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Уточнені потенційні обсяги утворення твердих побутових відходів на територіях 24-х територіальних громад Полтавського кластеру

Табл. 1.7

№ громади згідно загального списку	Назва територіальної громади	чисельність населення, чол.	Прогнозований (уточнений) обсяг побутових відходів, тон
12	Диканська	18119	18431,0
13	Зіньківська	24392	7813,5
14	Опішнянська	8374	1440,2
15	Карлівська	20675	17253,6
16	Ланнівська	7208	2249,2
17	Мартинівська	4657	1453,1
18	Кобеляцька	26349	8221,2
19	Білицька	11643	3632,2
22	Котелевська	14448	7904,2
23	Великорублівська	4504	1405,2
31	Машівська	12087	3771,1
32	Михайлівська	5908	1844,2
36	Новосанжарська	22438	9439,1
37	Драбинівська	4193	1308,2
38	Нехворощанська	5076	85,1
42	Коломацька	4956	1558,5
43	Мачухівська	7966	3303,2
44	Новоселівська	6344	1813,3
45	Терешківська	12102	6470,4
46	Щербанівська	13173	4110,2
47	Решетилівська	26424	13450,3
52	Чутівська	13208	6160,3
53	Скороходівська	8876	4102,2
60	Полтавська	312816	85254,8
	<b>ВСЬОГО – по 24 громадам</b>	<b>595912</b>	<b>212473,24</b>

Уточнені потенційні обсяги утворення твердих побутових відходів на територіях 6 територіальних громад Полтавського кластеру (субрегіону) Таблиця 1.8

№ громади згідно загального списку	Назва територіальної громади	чисельність населення, чол.	Прогнозований (уточнений) обсяг побутових відходів, тон
42	Коломацька	4954	1558,8
43	Мачухівська	7965	3303,4
44	Новоселівська	6343	1813,0
45	Терешківська	12100	6470,6
46	Щербанівська	13172	4110
60	Полтавська	312814	85254,4
	<b>ВСЬОГО – по 6 громадам</b>	<b>357348</b>	<b>102510,20</b>

### 1.5.2 Склад (морфологія) твердих побутових відходів

Комплексних досліджень складу (морфології) твердих побутових відходів у населених пунктах різних типів Полтавської громади й в різні сезони року не проводилось.

В рамках співпраці Полтавської області з проектом GIZ у період 2016-2018 роки європейськими експертами були проведені дослідження складу твердих побутових відходів «Субрегіональна стратегія поводження з твердими побутовими відходами для Полтавської громади», проект «Реформа управління на сході України» «Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) Gmbn», згідно з представленою для Полтавської обласної державної адміністрації, GFA Consulting Group, січень 2016. – 83с.).

Також у період 2020-2021 роки були проведені локальні дослідження морфологічного складу твердих побутових відходів в декількох населених пунктах: м. Полтава, м. Хорол, с. Покровське, що розташоване в Решетилівській громаді.

Орієнтовний склад побутових відходів, що продукуються на територіях громад різних типів, визначався на основі аналізу накопичених вихідних даних щодо їх морфології. Цей аналіз дозволив класифікувати ТПВ за окремими компонентами, що включають органічні відходи, пластик, метал, папір, скло та інші матеріали. Враховуючи ці дані, можна більш точно планувати стратегії роздільного збору, переробки та утилізації відходів, що дозволяє знижувати навантаження на навколишнє середовище, покращувати ефективність управління відходами та сприяти сталому розвитку громад. (таблиця 1.9):

					601-МНТ 11567340	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для міського типу зі значними містами, та містом Полтава, де переважно знаходиться багатоповерхова забудова;
- для міського типу, де переважно знаходиться приватна одноповерхова забудова;
- для селищного й сільського типу, де переважно знаходиться приватна одноповерхова забудова.

### **1.5.3 Якість твердих побутових відходів (теплотворність, волога, середня теплотворна здатність відходів, питома теплота згоряння, зольність)**

Теплотворна здатність твердих побутових відходів визначена відповідно до морфологічного складу для окремих компонентів твердих побутових відходів та їх вологості, що наведені раніше з врахуванням результатів теплотворної спроможності компонентів твердих побутових відходів, що проведені фахівцями організацій провідних країн світу.

За зібраними результатами наявних досліджень проведено розрахунки теплотворної здатності та вологості твердих побутових відходів, що утворюються й збираються:

- на території Полтавської територіальної громади й міста Полтави (таблиця 1.10);
- на територіях громад різних типів: міського типу з переважаючим видом багатоповерхової забудови житлового сектору (БПЖС), міського типу з переважаючим видом одноповерхової приватної забудови житлового сектору (ПЖС) та сільського чи селищного типу з переважаючим видом приватної одноповерхової забудови житлового сектору (ПЖС) (таблиця 1.11);
- на територіях 24 громад Полтавського територіального кластеру (таблиця 1.12).

					601-МНТ 11567340	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.5 Фізико-хімічні показники органічного палива з біомаси



Рис. 1.6 Склад твердого органічного палива

Теплота згорання органічного палива є важливою енергетичною характеристикою, що відображає кількість енергії, яка виділяється під час його згорання. Розрізняють два типи теплоти згорання: вища та нижча. На практиці зазвичай використовують нижчу теплоту згорання, що відповідає енергії, яка вивільняється при повному окисленні всіх горючих компонентів палива, без урахування теплоти, що йде на утворення пари та виносу зольних залишків. Для визначення теплоти згорання палива застосовують експериментальні методи, зокрема за допомогою калориметра. Наприклад, нижчу теплоту згорання деревного палива можна оцінити за допомогою розрахункового методу, враховуючи його робочу вологість та зольність. Підвищений вміст сірки (S) може спостерігатися у залишках та відходах аграрного сектору, таких як стебла, солома, лушпиння тощо, і становити від

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

0,15 до 0,55%. Це підвищення потребує особливої уваги щодо емісії сірки в димових газах та процесів корозії під час спалювання такої сировини. Водночас вміст азоту (N) та сірки (S) у деревині є значно нижчим, що, при заміщенні вугілля, сприяє зниженню викидів оксидів сірки та азоту в атмосферне повітря.

Основними категоріями біопалива є відходи деревообробної індустрії та лісового господарства, зокрема такі матеріали, як тріска, кора, стружка, гілки дерев і листя, що випадають внаслідок природного процесу. Крім того, до біопалива відносяться різноманітні сировинні матеріали, які можуть бути використані для отримання енергії. Зокрема, це пресовані в рулони залишки соломи зернових культур, стеблова маса кукурудзи і соняшнику, а також відходи, що утворюються під час обмолоту зерна. Іншою важливою групою є продукція енергетичних сільськогосподарських культур з високим вмістом цукру та крохмалю, таких як зернові культури, картопля, буряк та інші, які використовуються для виготовлення спирту етанолу. Крім того, рослинні олії (наприклад, ріпакова, соняшникова та лляна) також належать до категорії біопалива. Окрім цього, різні побутові та господарські відходи, що піддаються переробці, також можуть бути використані як джерела енергії. [33].

Паливо з біомаси є найбільш перспективним видом джерела відновлюваної енергії як у цілому світі, так і в нашій країні [36]. Сталий розвиток біоенергетики є важливим чинником, який сприяє зменшенню залежності країни від імпортованих енергоносіїв, забезпечує ефективне використання місцевих енергетичних ресурсів, а також стимулює розвиток національної економіки. Це досягається через збільшення надходження податків та зборів, що позитивно впливає на фінансову стабільність країни. Крім того, розвиток біоенергетики дозволяє зменшити обсяги імпорту енергоносіїв, що покращує торгово-платіжний баланс України. Соціальний ефект від цього процесу включає створення нових робочих місць та можливість зниження тарифів на теплову енергію для населення, що позитивно впливає на рівень життя громадян. Позитивний екологічний вплив обумовлений як деяким зменшенням забруднюючих викидів при спалюванні біопалив в порівнянні зі

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

спалюванням традиційних видів палив, а також тим, що біомаса це CO<sub>2</sub> - нейтральне паливо, оскільки в процесі росту рослинами поглинається такий самий обсяг вуглекислоти CO<sub>2</sub>, еквівалентний тому, який вивільняється при її згоранні.

В умовах Полтавської громади як аграрної, це стає дійсно перспективним напрямком діяльності [34]. (табл. 1.7).

### Енергетичний потенціал отримання біомаси на Полтавщині

Табл. 1.7

Вид біомаси з відходів	Обсяг використання за рік, тис т у. п.	Економічний потенціал, тис т у. п.	Питома частка споживання енергії, %
Солома зернових культур	0,049	9,36	0,52
Біодизель з ріпаку	0,023	0,47	4,89
Деревна біомаса	1,087	4,92	22,21
Відходи від виробництва соняшника	0,209	1,71	12,12
Біоетанол з кукурудзи і цукрового буряка	0,06	0,99	6,06
Інші джерела	1,52	15,83	10,51
Біогаз з полігонів відходів* **	0,022	0,261	8,082
Всього	3,05	33	10,75

Один із перспективних шляхів зниження енергозалежності та економії коштів полягає у впровадженні технологій отримання теплової енергії з біомаси, зокрема шляхом спалювання деревних паливних пелет [35]. Цей екологічно чистий вид палива є не тільки економічно вигіднішим, але й не завдає шкоди навколишньому середовищу, одночасно сприяючи вирішенню проблеми утилізації відходів. На рис.1.7 наведено порівняння теплоти згорання різного типу палива.



Рис. 1.7 Порівняльна характеристика теплоти згорання різного типу палива

На основі даних з табл.1.7, та рисунку 1.7 проведемо узагальнення характеристики різних видів палива за такими показниками: грошова економіка, простота монтажу, екологічність, ергономіка в просторі, автономність (табл. 1.8).

Порівняльна таблиця основних видів палива

Табл. 1.8

Вид палива	Грошова економіка	Екологічність	Простота монтажу	Ергономіка в просторі	Автономність
Деревні пелети	+	+	+ / -	+ / -	+ / -
Антрацит	+	-	+ / -	+ / -	-
Побутовий газ	-	+ / -	+ / -	+ / -	+

Із наведених даних в таблиці 1.8 матеріалів видно, що порівняння різних типів палива показує свої позитивні та негативні якості при використанні, проте більш доцільним є вибір відновлювального джерела (пелет) в якості палива.

### 1.6 Порівняльний аналіз викидів паливоспалюючого обладнання при роботі на різних видах палива

На сьогоднішній день природний газ вважається одним з найменш шкідливих для екології викопних палив. Це пояснюється тим, що в продуктах його згоряння відсутня зола, а викиди оксидів сірки, що утворюються під час горіння, є мінімальними порівняно з іншими викопними енергоресурсами. Це зумовлено дуже низьким вмістом сірки у природному газі, який не перевищує 0,02 %. Водночас Україна стикається з недостатнім розвитком власних газових родовищ і має обмежені ресурси природного газу та інших викопних енергоресурсів (рис. 1.8). Завдяки видобутку енергоресурсів на національному рівні потреби країни можуть бути забезпечені лише частково: нафта — на 12-14 %, природний газ — на 22-26 %, вугілля — на 86-92 %. [37].

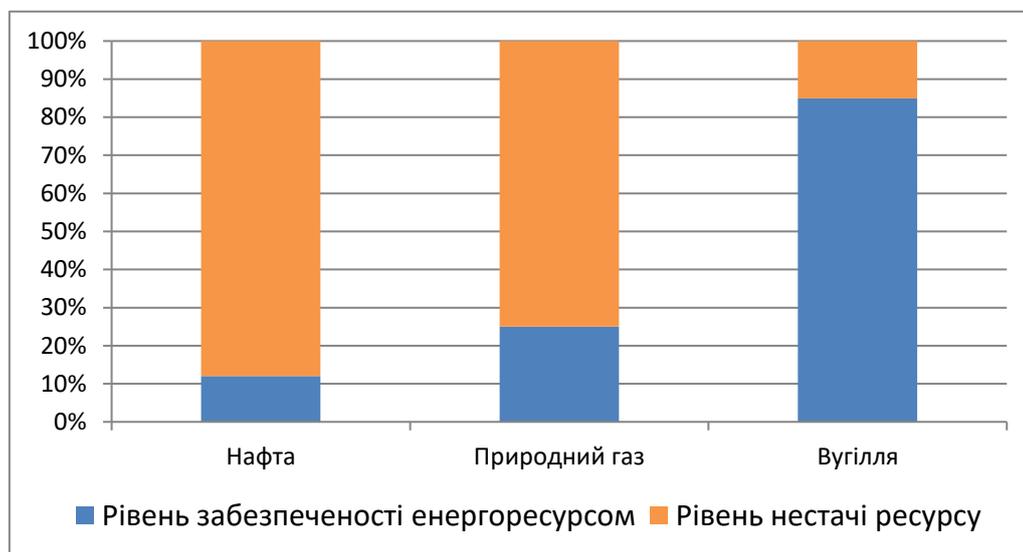


Рис. 1.8 Забезпеченість нашої країни власними енергоресурсами

З метою зменшення залежності від імпорту енергоресурсів в Україні розпочато пошук альтернативних джерел енергії та розробку інноваційних технологій видобутку викопного палива. Однією з таких технологій є видобуток сланцевого газу, який знаходиться в дрібнозернистих осадових породах, що відрізняються високим вмістом органічних сполук і мають низьку пористість та проникність. На Полтавщині започаткована технологія видобутку сланцевого газу, хоча й набула поширення, з точки зору екологів викликає

значні занепокоєння через свої анти-екологічні наслідки. Процес передбачає створення високого тиску в геологічних пластах шляхом закачування рідини – пропанту, що спричиняє гідравлічний розрив пласта, що дозволяє отримати доступ до сланцевого газу. Однак для цього використовуються величезні обсяги води (від 12 до 16 тис. м<sup>3</sup> на одну свердловину), а також понад 300 хімічних речовин, серед яких є важкі метали і природні радіоактивні елементи [37]. Після проведення так званого розриву пласта утворюється мережа тріщин, яку важко контролювати у часі, що може призвести до змішування прісних і солоних водних шарів, створюючи серйозні екологічні проблеми, зокрема утворення багатокілометрових солончаків на територіях, що раніше були родючими землями або лісами.

Із рис. 1.8 видно, що наразі вугілля є одним із основних викопних енергоресурсів, задоволення потреби в якому Україна може забезпечити майже повністю за рахунок власних запасів. Однак процес його видобутку спричиняє суттєві екологічні наслідки. Зокрема, видобуток вугілля веде до формування підземних порожнин і накопичення масивів гірських порід, відомих як терикони. З часом підземні порожнини можуть зазнавати провалів, що спричиняє поступове просідання поверхневих шарів та можливе затоплення ґрунтовими водами, що призводить до руйнування стабільних природних екосистем. Терикони не тільки змінюють природний ландшафт, але й становлять суттєву загрозу для життєдіяльності населення. Вугілля в складі відвалів може спонтанно займатися, що супроводжується виділенням фтору та хлору на початкових етапах горіння, а також розкладом карбонатів із утворенням моно- та діоксидів вуглецю, а також дегідратацією силікатів, що призводить до вивільнення значної кількості забрудненої води, насиченої різними хімічними елементами. В процесі горіння терикони стають крихкими, що створює значний ризик обвалів. Окрім екологічних наслідків, пов'язаних із видобутком вугілля, його спалювання супроводжується рядом серйозних проблем. Вугілля не можна вважати ідеальним паливом: крім порівняно низьких теплотворних характеристик (18-24 МДж/кг), його згоряння

										Арк.
										37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340					

призводить до значних викидів в атмосферу, зокрема, золи, оксидів вуглецю та азоту, діоксидів сірки, вуглеводнів, у тому числі канцерогенного бензапірену, а також незгорілих частинок твердого викопного палива.

Сучасна теплоелектростанція потужністю 2,5 млн кВт, що споживає близько 22 тис. т вугілля на добу, щодня викидає в атмосферу до 670 т SO<sub>2</sub> та SO<sub>3</sub> (за умови вмісту 1,8 % сірки в паливі), до 220 т оксидів азоту (NO<sub>x</sub>), а також до 130-250 т твердих частинок у вигляді попелу, пилу та сажі, за умови ефективності системи пиловловлювання на рівні 94-98 %. Значну небезпеку становлять тверді частинки золи, що викидаються в атмосферу у вигляді аерозольних часток і сприяють розсіюванню радіоактивного пилу. Під час спалювання вугілля на ТЕС відбувається зростання викидів радію-226 (в 4-7 разів) та свинцю-210 (в 6-12 разів), причому свинець накопичується в попелі. Середній вміст елементу урану у вугіллі складає 3,7 г/т, а торію — 4,3 г/т. З огляду на це, теплоелектростанції, що працюють на вугіллі, суттєво забруднюють навколишні території, інколи на відстань до кількох сотень кілометрів, радіоактивними елементами.

Україна є агропромисловою державою з величезними не використувуваними ресурсами. Економічно обґрунтований енергетичний потенціал біомаси в Україні оцінюється на рівні близько 23-26 млн т у.п./рік [37]. Основними складовими цього потенціалу є відходи сільськогосподарського виробництва, такі як солома, стебла кукурудзи, соняшнику, ріпаку тощо, загальний обсяг яких перевищує 15 млн т у.п./рік, а також плантації енергетичних культур — близько 13 млн т у.п./рік. Виробництво біопаливної сировини, зокрема з деревної біомаси, супроводжується численними позитивними екологічними ефектами. За умови щорічного приросту біомаси в межах 10-14 т/га, дерева здатні депонувати з атмосфери 5-8 т/га вуглецю та продукувати близько 4-7 т/га кисню протягом року.

Під час спалювання деревини рівень викидів вуглекислого газу в атмосферу коливається в межах 325-220 мг CO<sub>2</sub>/кВт·год. [38].

					601-МНТ 11567340	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Без сумніву, неможливо стверджувати, що біопаливо є абсолютно CO<sub>2</sub>-нейтральним, оскільки для створення плантацій, збору врожаю та транспортування біомаси використовуються механізми, що працюють на викопних енергоносіях. Цей процес має аналогічні екологічні наслідки, як і видобуток традиційних енергоресурсів. Проте, варто зазначити, що загальна емісія вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) протягом повного життєвого циклу біопалива є значно меншою порівняно з традиційними мінеральними енергоресурсами. Крім того, частина вуглецю (C) фіксується в ґрунті завдяки опаданню листя та інших органічних залишків, що сприяє зниженню вуглецевого сліду, що робить деревну рослинність більш привабливою як біопаливний матеріал у порівнянні із однорічними рослинами. Дані про рівень викидів різних забруднюючих речовин у довкілля під час спалювання викопного палива та деревини наведено в таблиці 1.9.

Оцінку загального викиду забруднюючих речовин у атмосферне повітря при спалюванні різних видів палива, включаючи деревину, доцільно представити результати на діаграмі з логарифмічною шкалою в полярній системі координат (див. рис. 1.9) [39]. Отримані для кожного виду палива фігури на діаграмі відображають просторову структуру викидів забруднюючих речовин, що утворюються при його використанні в котельнях. Чим більша площа фігури, тим більшими є загальні викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище при використанні цього виду палива в навколишнє середовище.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферу при спалюванні  
різного виду палив [39, 40]

Табл. 1.9

Вид палива	Викиди, т/тис. т палива				
	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Тверда частка	разом
Природний газ	1,19	3,54	0	0	<b>4,71</b>
Деревина	4,92	9,3	0,3	4,2	<b>18,9</b>
Мазут	5,21	5,21	35,3	0,31	<b>45,9</b>

Брикети, пелети	4,69	9,34	0,28	4,12	<b>17,8</b>
Брикети торф'яні	8,12	26,9	3,0	13,2	<b>50,9</b>
Кам'яне вугілля	9,61	63,7	9,2	65,34	<b>147,7</b>

Деревні пелети та брикети є одним із найбільш екологічно безпечних видів палива, поступаючись лише природному газу. Загальний рівень викидів забруднюючих речовин при спалюванні пелет становить 17,8 т на тисячу тонн палива, що в 8,4 рази менше, ніж при спалюванні кам'яного вугілля, і в 2,7 рази менше, ніж при використанні мазуту.

Значно знижуються обсяги викидів оксидів сірки, азоту, вуглецю та твердих часток при спалюванні деревних пелет. Так, порівняно з кам'яним вугіллям, викиди сірки зменшуються в 32,91 рази, азоту – в 6,82 рази, вуглецю – в 2,1 рази, а пилу – в 15,92 рази [39].

Деревні пелети є складовою частиною природного вуглецевого циклу. При їх згорянні в атмосферу вивільняється така ж кількість вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), яку спожили рослини під час процесу фотосинтезу. Таким чином, при згорянні деревних пелет у повітря надходить стільки ж CO<sub>2</sub>, скільки утворилося б при природному розкладі органічних решток рослин з часом. Цей процес вважається вуглецево нейтральним, оскільки не додається додаткової кількості CO<sub>2</sub> до атмосфери порівняно з природним розкладом. Дизельне паливо та мазут містять в собі чи не всі елементи таблиці Менделєєва. При їх спалюванні виділяється величезна кількість небезпечних для організму людини та тварин речовин, у тому числі канцерогенів [39].

					601-МНТ 11567340	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

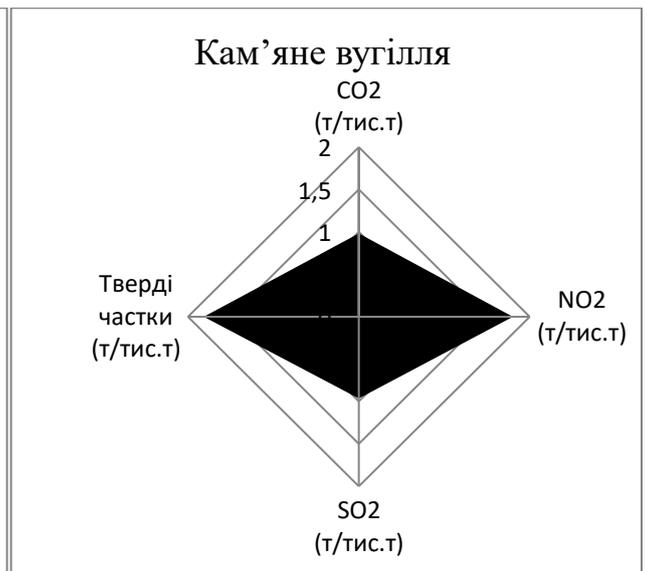
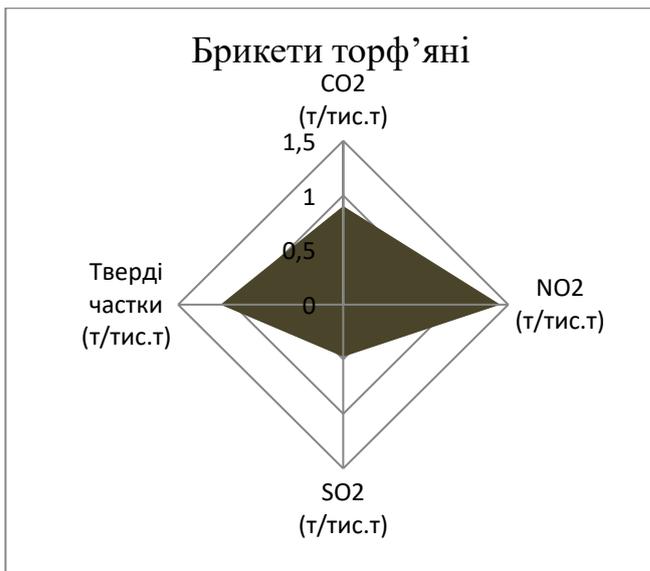
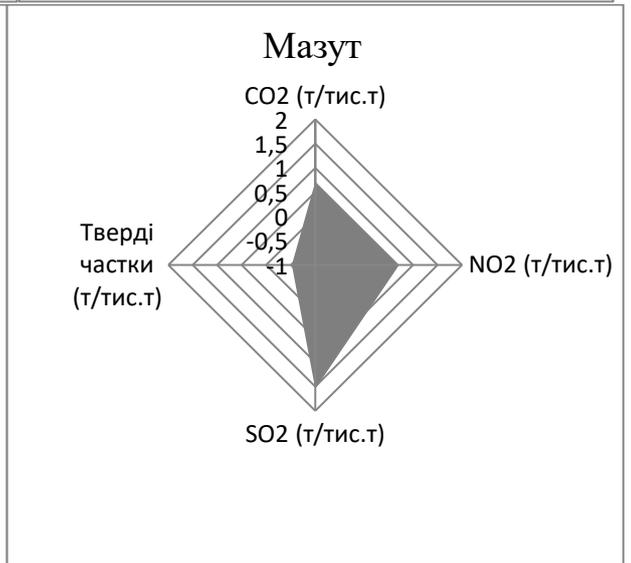
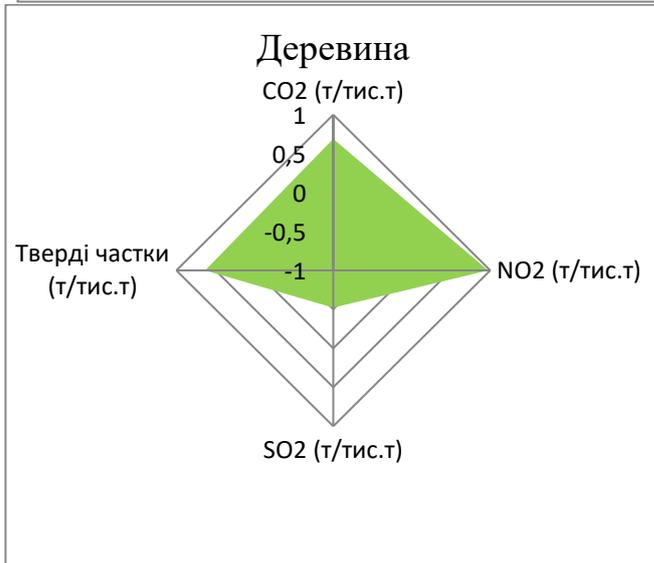
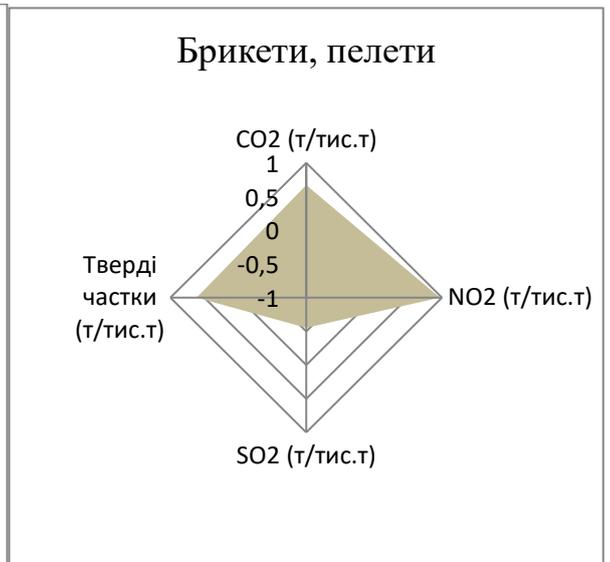
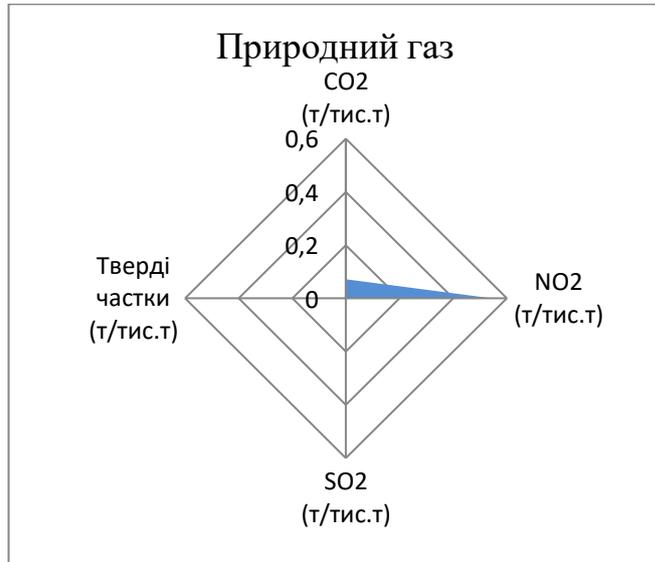


Рис. 1.9 Структурні схеми викидів забруднюючих речовин у довкілля при використанні вугілля, деревини, природного газу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-МНТ 11567340

Арк.

41



може негативно впливати на здоров'я людей, викликаючи респіраторні захворювання.

Сполуки хлору – їх утворення може відбуватися при згорянні деяких видів деревини, особливо якщо вона містить забруднення, такі як хлориди. Ці сполуки можуть бути небезпечними для здоров'я, а також можуть мати шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Тверді частинки (пил) – це маленькі частки, які можуть потрапляти в атмосферу під час згорання пелет. Вони є основним забруднювачем повітря, що може спричиняти захворювання органів дихання та серцево-судинні проблеми у людей, а також забруднювати довкілля. 1.10.

Основні речовини та елементи що утворюються в процесі згорання [39]  
Табл. 1.10

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Компонент	Джерело утворення	Екологічний вплив
Оксид вуглецю (CO)	Неповне згорання всіх видів паливної біомаси	Клімат: Газ непрямої парникової дії (ГНПД), впливає на утворення озону Здоров'я: Може викликати напади задухи у разі накопиченім в закритих приміщеннях
Тверді частки	Сажа та конденсат важких вуглеводнів (дьюготь), що утворюються при неповному згоранні усіх видів паливної біомаси. Золіві частки	Клімат і навколишнє середовище: Зворотний парниковий ефект через утворення аерозолів. Непрямий ефект - можливий значний вміст важких металів у завислих частках Здоров'я: Негативний вплив на систему органів дихання людини
Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> = NO + NO <sub>2</sub> )	Побічний продукт згорання всіх видів паливної біомаси. За певних умов додаткова кількість NO <sub>x</sub> може утворюватися з азоту повітря	Клімат і навколишнє середовище: Непрямий парниковий ефект через вплив на утворення озону. Зворотний парниковий ефект через утворення аерозолів. Кислотні опади. Призводить до загибелі рослинності. Утворення смогу Здоров'я: Негативний вплив на систему органів дихання людини
Оксиди сірки (SO <sub>x</sub> = SO <sub>2</sub> + SO <sub>3</sub> )	Побічний продукт згорання всіх видів паливної біомаси, що містять сірку	Клімат і навколишнє середовище: Зворотний парниковий ефект через утворення аерозолу. Кислотні опади. Призводить до загибелі рослинності. Утворення смогу Здоров'я: Негативний вплив на систему органів дихання людини, викликають астму

## Розділ 2 Утворення твердих побутових відходів та RDF палива

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## 2.1 Законодавча база щодо отримання теплової енергії з твердих побутових відходів (ТПВ)

5 червня 2021 року до Верховної ради України ("ВРУ") подано Проект Закону № 5611 "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо енергетичної утилізації відходів" ("Законопроект"). В наш час цей Законопроект наданий для ознайомлення та перебуває на етапі опрацювання в профільних комітетах Верховної Ради. [41].

Мета цього Законопроекту – запровадити в Україні виробництво альтернативного палива – відновлювального палива з різних відходів. Прикладами такого відновлювального палива з відходів є так звані SRF та RDF:

- SRF (solid recovered fuel) – це **тверде відновлювальне паливо**, що складається в переважній більшості з біологічних відходів, і має низький вміст небажаних домішок, що придатний для складування та використання споживачами.
- RDF (refuse derived fuel) – це паливо, отримане з **залишків подрібнених та спресованих** в брикети чи гранули **твердих побутових відходів**.

У зв'язку з активним просуванням екологічних реформ в Україні, зокрема зміни підходів до поводження з відходами, ініціатори Законопроекту вважають його одним із провідних у питанні вирішення актуальних екологічних проблем, зокрема засмічення території нашої країни. Ініціатори проекту стверджують, що прийняття Законопроекту сприятиме зменшенню викидів у повітря, захисту водойм та ґрунтів, скорочення викидів CO<sub>2</sub> та економії первинних енергоносіїв. В наш час використання такого типу палива в Україні не регулюється.

Відповідно, Законопроектом передбачається внесення змін до деяких нормативно-правових актів, а саме:

Земельний кодекс України передбачатиметься звільнення об'єктів з виробництва теплової і електричної енергії, які використовуватимуть SRF та RDF види палива, від відшкодування втрат сільськогосподарського та лісгосподарського виробництва.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340				



2. «Врегулювання використання SRF» (підготовлених відходів для спалювання) як джерела енергії. Застосування цього ресурсу дозволить знизити залежність від викопних енергоресурсів та сприятиме енергетичній безпеці країни.

3. «Контроль за переробкою та захороненням відходів» – важливо встановити систему контролю та моніторингу у сфері поводження з відходами, аби забезпечити ефективність утилізації та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Таким чином, організація ефективної енергетичної утилізації ТПВ має стати важливим компонентом екологічної та енергетичної політики України. «Зокрема, пропонується ввести у законодавство поняття відновлювального виду палива з побутових відходів як альтернативного джерела енергії та окреслити основні вимоги щодо додільності його використання, особливо екологічні».

Прийняття даних законодавчих норм:

- забезпечить визначення правового статусу палива, виробленого з твердих побутових відходів та використання в якості альтернативного палива.
- надасть можливість встановлення тарифу на теплову енергію, вироблену з палива твердих побутових відходів рівня 95% від середньозваженої ціни на тепло, вироблене з газу. А це, у свою чергу, буде додатковою гарантією для інвесторів щодо повернення введених у проект коштів та інвестицій.

Наразі в Україні є прийнятий діючий «ДСТУ EN 15359:2018 Тверде відновлювальне паливо (SRF). Технічні характеристики та класи (EN 15359:2011, IDT)». Проте на законодавчому рівні країни питання виготовлення і використання SRF та RDF як відновлюваного палива залишається неврегульованим.

І все ж, в існуючих умовах складного становища з органічним паливом в Україні слід пам'ятати, що RDF - це альтернативне паливо, отримане з ТПВ з теплотворною здатністю близько 8 - 14 МДж/кг.

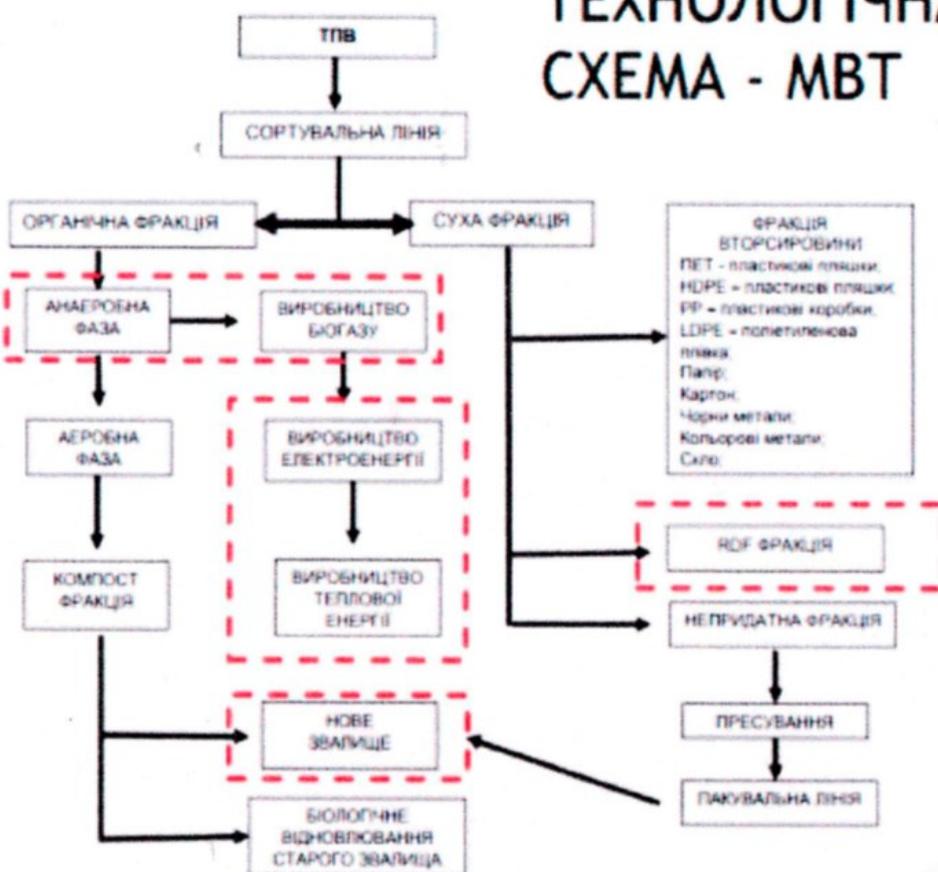
					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47



відходів дозволить скоротити залежність від традиційних викопних видів палива, зокрема кам'яного вугілля та природного газу, що позитивно вплине на екологічну ситуацію в країні. Важливим є також створення організаційно-правової бази для надання державної підтримки виробникам електричної та теплової енергії, які використовують біопаливо з відходів.

Зміни до відповідних законодавчих актів передбачають рівноправне прирівнювання виробників енергії з відходів ТПВ до виробників енергії з альтернативних джерел, надаючи їм доступ до державної підтримки, але без поширення на них діючих тарифів для "зеленої енергетики". Це дозволить створити сприятливі умови для розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні. Таким чином використання твердих побутових відходів в якості альтернативного палива для отримання теплової енергії є досить реальним, актуальним й можливим.

## ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА - МВТ



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-МНТ 11567340

Арк.

49

Рис.2.1 Схема переробки твердих побутових відходів  
з отриманням альтернативного RDF палива

## 2.2 Досвід інших країн щодо використання альтернативного RDF палива

### 2.2.1 Досвід Білорусі та країн Європейського Союзу

В місті Гродно завод з утилізації і механічного сортування твердих побутових відходів та виробництва RDF-палива відкрили у березні 2018 р.: щорічний обсяг 120 тис. тон. Зараз проектується ще два аналогічних заводи: в Ліді і Волковиську [44].

Постановою Ради Міністрів Республіки Білорусь 22.09.2016 № 665: була впроваджена концепція створення потужностей з виробництва альтернативного виду палива з твердих комунальних відходів та його використання. Відповідно до статті 11 Закону Республіки Білорусь "Про поводження з відходами" RDF-паливо фактично є вторинною сировиною. Постановою Ради Міністрів Республіки від 27.12.2017 № 1003 внесені зміни до Державної програми «Енергозбереження» на 2018-2025 роки, це дозволило заощадити у 2019 р. 29 тис. тон умовного палива за рахунок використання RDF-палива. До 2024 року в країні переробляється трохи менше третини всіх комунальних відходів - це дозволило замінити понад 29 мільйонів кубів імпортного природного газу.

В Євросоюзі обсяг альтернативного RDF-палива, виробленого з ТПВ становить близько 3,2 млн. тон на рік. Виробництво RDF-палива активно розвивається в таких країнах, як Фінляндія, Бельгія, Італія та Нідерланди, що зумовлено його класифікацією як місцевого виду палива та значними інвестиціями в будівництво підприємств для його переробки та спалювання. Згідно із існуючим законодавством Польщі заборонено захоронювати на полігоні відходи з теплотворною здатністю більше 6,5 МДж на кілограм. З 2015 року в Польщі встановлений податок на відходи на одну людину в місяць. Ці встановлені заходи створюють адміністративні та економічні умови для виробництва альтернативного RDF-палива як виду комерційної діяльності.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

В середньому з однієї тонни відходів утворюється **360 кг (36%) RDF-палива з вологістю 10 - 14 % і калорійністю 17 - 20 МДж/кг.**

Типова технологічна схема сміттєпереробного заводу представляє собою:

- лінію по сортуванню та переробці відходів ТПВ, в тому числі виробництво RDF-палива;
- лінію по переробці різних органічних відходів;
- лінію виробництва біогазу що охоплює:
  - стадія ферментації органічних відходів;
  - стадія розділення на рідку та тверду фракції;
  - біогазову установку анаеробного зброджування (систему для генерації, фільтрації, зберігання та утилізації біогазу);
- котельний комплекс по спалюванню відходів ТПВ та біогазу, з генерацією теплової енергії;
- турбо-генераторний автономний комплекс для виробництва електроенергії.

### **Характеристика RDF палива заводу у Гродно**

RDF-паливо це тверде паливо з побутових відходів (Refuse Derived Fuel - тверде вторинне паливо з відходів) - висококалорійний продукт, що виготовляється з безпечних твердих побутових відходів. RDF-паливо використовується у вигляді: відсортованої та подрібненої паливної суміші; пресованих пелет або брикетів. RDF-паливо призначене для: вироблення енергії в комунальній теплоенергетиці, як альтернативне і поновлюване джерело енергії (місцевий вид альтернативного палива); забезпечення зниження негативного впливу на середовище та скорочення обсягів захоронення твердих побутових відходів (ТПВ). Устаткування та обладнання повинно дозволяти спалювати RDF-паливо при досить високих температурах (більш 850°C) для зниження кількості шкідливих речовин у викидах [44]. Вигляд RDF палива наведено на рис. 2.2.- 2.5

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51



Рис. 2.2 – 2.5 Зовнішній вигляд RDF палива

Технологічний ланцюжок використання альтернативного RDF-палива складається з таких стадій:

- система розвантаження RDF-палива;
- система аналізу якості альтернативного RDF-палива, з автоматичним аналізатором (для визначення теплотворної здатності і вологості палива);
- система комплексу бункерів (для розподілу RDF-палива різної теплотворної здатності);
- система подавання RDF-палива в мультипальник;
- система продування пальника стисненим повітрям в разі засмічення;
- електронна система стеження за процесом спалювання (забезпечує рівномірне горіння незалежно від перепаду калорійності RDF-палива);
- система управління всім комплексом устаткування.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Зола, яка утворюється внаслідок спалювання альтернативного RDF-палива, повинна бути утилізована на полігоні захоронення або бути використана при виробництві будівельних матеріалів. Вхідний морфологічний склад побутових відходів для виготовлення RDF-палива наведено в таблиці 2.1.

Морфологічний склад сировини для RDF- палива

Табл. 2.1

№ з/п	Компонент твердих відходів	За даними ДП «НДІ ННП «МАСМА»				За даними заводу*
		Номер Проби	Частка,%	Вологість,%	Зольність,%	Частка, %
1	2	3	4	5	6	7
1	Деревина та похідні від неї, % не більше	5	12.9	0.34	0.1	7
2	Папір, картон, інша макулатура і целофанові матеріали	2	14.8	5.24	10.0	14
3	Поліетилентерефталат, % не більше (ПЕТф-тара)	4	12.7	0.36	0.11	13
4	Поліетелен, % не більше	3	32.7	0.18	4.1	32
5	Поліпропілен, % не більше	7	3,3	0.17	3.4	4
6	Пластик, синтетичні волокна, % не більше	8	6.12	0.081	0.76	6
7	Шкіра, шкірозамінники, шкіряні та гумові вироби, % не більше	6	2.13	0.55	26.7	3
8	Текстиль різних типів, % не більше	1	22.4	6.92	7.21	21
9	Разом		100			100
10	Середній показник з урахуванням часток компонентів			3.026	5.35	

Примітка \*: Морфологічний склад відходів наведений в перерахунку на сухе RDF-паливо

Додаткові показники: Теплота згорання 27,12 Мдж/кг;

Елементарний склад (з урахуванням зольності та вологості), %:

Вуглець-61,5; водень -8.51, кисень -12.3; азот -1.0; сірка -0,09.

Наведений матеріал показує, що досвід Білорусі є досить актуальним та позитивним з точки зору отримання RDF-палива з твердих побутових відходів.

В нашій країні активно впроваджуються реформи та нові підходи до управління відходами, зокрема твердими побутовими відходами. 9 листопада 2017 року була прийнята «Національна стратегія управління відходами в Україні до 2035 року», а 21 лютого 2019 року постановою Кабінету Міністрів України затверджений «Національний план управління відходами до 2035 року». Відповідно до цього плану, в Україні має бути розроблений і введений в дію акт Міністерства розвитку громад та територій України, що регулює використання палива, отриманого з відходів (RDF). Вже прийнятий та введений «ДСТУ EN 15359:2018 Тверде відновлювальне паливо (SRF)». Технічні характеристики та класи SRF (Solid Recovered Fuel) визначаються за трьома основними параметрами, що визначають його можливість використання в різних енергетичних установках. Згідно з європейськими нормативами (EN 15359:2011, IDT), ці параметри включають економічні, технологічні та екологічні аспекти.

1. «Економічний параметр» – нижча теплота згоряння. Для SRF цей параметр має бути понад 15 МДж/кг, що дозволяє використовувати це паливо в установках для спалювання відходів або в установках побічного спалювання, таких як вугільні електростанції та цементні печі.

2. «Технологічний параметр» – вміст хлору. Важливо контролювати рівень хлору в SRF, оскільки його висока концентрація може спричинити корозію обладнання і забруднення навколишнього середовища.

3. «Екологічний параметр» – вміст ртуті. Присутність ртуті у складі SRF також є критичним фактором, оскільки викиди ртуті при спалюванні можуть призвести до серйозних екологічних проблем.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Порівняно з SRF, «RDF (Refuse Derived Fuel)» має нижчу теплотворну здатність, яка зазвичай становить від 9 до 14 МДж/кг. RDF – це більш загальний термін, що включає змішані типи відходів, склад яких може варіюватися, і його властивості можуть бути непередбачуваними. Оскільки RDF не є стабільним паливом, його хімічний склад не завжди можна передбачити, що може призвести до деградації матеріалу. Більш того, в RDF можуть залишатися небезпечні відходи, такі як батарейки, ртутні лампи, залишки ліків, лакофарбова продукція та інші токсичні матеріали.

Для використання RDF в установках для спалювання відходів або в установках побічного спалювання необхідно оснащення газоочисними установками, що відповідають вимогам Директиви 2010/75/ЄС, щодо очищення газових викидів.

В Україні, зокрема, Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження, а також Асоціація виробників цементу України «Укрцемент», започаткували співпрацю для виробництва SRF палива з подальшим його використанням у цементних печах, забезпечуючи дотримання екологічних норм.

## **2.3 Аналіз об'єму та складу твердих побутових відходів у Полтавському районі**

### **2.3.1 Об'єми накопичення побутових відходів**

Тверді побутові відходи (ТПВ) – це відходи, що утворюються в процесі життєдіяльності людини та накопичуються в житлових будинках, установах соціально-культурного побуту, суспільних, навчальних, лікувальних, торгових і інших об'єктах (це - харчові відходи, предмети домашнього побуту, сміття, опале листя, відходи від збирання і поточного ремонту квартир, макулатура, скло, метал, кераміка, полімерні матеріали і т.д.) та не мають подальшого використання в місцях їхнього утворення [45].

										Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

601-МНТ 11567340



Під впорядкованими житловими будинками розуміються будинки з газом, централізованим опаленням, водопостачанням, каналізацією, сміттепроводом або без, будинки без благоустрою, це будинки з місцевим опаленням на твердому паливі, без каналізації (приватний сектор). Будинки зі середнім благоустроєм, це будинки з водопроводом, місцевим або центральним опаленням, з каналізацією або без неї. Приготування їжі здійснюється на газових плитах, опалювання в основному твердим паливом.

Норми накопичення відходів наведені в табл. 2.2.

Розрахунок накопичення вуличного сміття (від доріг, також ведеться за нормою накопичення відходів).

При розрахунку приймаємо, що в Полтавській громаді чисельність населення становить на 01.01 2020р - 66,624 тис. чол. за даними районної ради.

Варто зазначити, що норми, наведені в таблиці 2.2, можуть бути застосовані лише для укрупнених розрахунків, оскільки вони повинні переглядатися та затверджуватися районними адміністраціями кожні 5 років. В розрахунках використовується прийнята норма утворення твердих побутових відходів (ТПВ) однією людиною — 1,26 кг на добу або 6,03 л.

Норми утворення ТПВ в Полтавській громаді

Табл. 2.2

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

№ п/п	Назва населеного пункту	Чисельність населення	Норма утворення ТПВ на одного мешканця				Орієнтовна необхідна кількість контейнерів
			Середньодобова		Середньорічна		
			кг	л	кг	м³	
1	2	3	4	5	6	7	8
№1	Яцинова Слобідка	99	124,74	596,97	45540	217,8	1
№2	Щербані	1864	2348,64	11239,92	857440	4100,8	15
№3	Шостаки	347	437,22	2092,41	159620	763,4	3
№4	Шмиглі	117	147,42	705,51	53820	257,4	1
№5	Шили	107	134,82	645,21	49220	235,4	1
№6	Шевченки	244	307,44	1471,32	112240	536,8	2
№7	Чорноглазівка	266	335,16	1603,98	122360	585,2	3
№8	Черкасівка	323	406,98	1947,69	148580	710,6	3
№9	Червона Долина	9	11,34	54,27	4140	19,8	1
№10	Циганське	218	274,68	1314,54	100280	479,6	2
№11	Цибулі	66	83,16	397,98	30360	145,2	1
№12	Фисуни	13	16,38	78,39	5980	28,6	1
№13	Уманцівка	66	83,16	397,98	30360	145,2	1
№14	Улянівка	169	212,94	1019,07	77740	371,8	2
№15	Тютюнники	32	40,32	192,96	14720	70,4	1
№16	Трирогове	12	15,12	72,36	5520	26,4	1
№17	Тернівщина	168	211,68	1013,04	77280	369,6	2

					601-МНТ 11567340	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№18	Терешки	2450	3087	14773,5	1127000	5390	20
№19	Терентіївка	699	880,74	4214,97	321540	1537,8	6
№20	Твердохліби	32	40,32	192,96	14720	70,4	1
№21	Тахтаулове	2231	2811,06	13452,93	1026260	4908,2	18
№22	Сягайли	40	50,4	241,2	18400	88	1
№23	Сусідки	39	49,14	235,17	17940	85,8	1
№24	Супрунівка	3974	5007,24	23963,22	1828040	8742,8	32
№25	Судіївка	1240	1562,4	7477,2	570400	2728	10
№26	Ступки	47	59,22	283,41	21620	103,4	1
№27	Степне	1934	2436,84	11662,02	889640	4254,8	16
№28	Степанівка	179	225,54	1079,37	82340	393,8	2
№29	Соснівка	35	44,1	211,05	16100	77	1
№30	Соломахівка	42	52,92	253,26	19320	92,4	1
№31	Снопове	80	100,8	482,4	36800	176	1
№32	Сердюки	273	343,98	1646,19	125580	600,6	3
№33	Сапожине	85	107,1	512,55	39100	187	1
№34	Рунівщина	791	996,66	4769,73	363860	1740,2	7
№35	Розсошенці	6731	8481,06	40587,93	3096260	14808,2	55
№36	Рожаївка	9	11,34	54,27	4140	19,8	1
№37	Портнівка	83	104,58	500,49	38180	182,6	1
№38	Пожарна Балка	77	97,02	464,31	35420	169,4	1
№39	Писаренки	72	90,72	434,16	33120	158,4	1
№40	Петрівка	465	585,9	2803,95	213900	1023	4
№41	Патлаївка	132	166,32	795,96	60720	290,4	2
№42	Пасківка	218	274,68	1314,54	100280	479,6	2
№43	Падалки	103	129,78	621,09	47380	226,6	1
№44	Підлепичі	64	80,64	385,92	29440	140,8	1
№45	Очканівка	155	195,3	934,65	71300	341	2
№46	Опішняни	86	108,36	518,58	39560	189,2	1
№47	Олепирі	7	8,82	42,21	3220	15,4	1
№48	Носівка	7	8,82	42,21	3220	15,4	1
№49	Новоселівка	673	847,98	4058,19	309580	1480,6	6
№50	Нижні Млини	697	878,22	4202,91	320620	1533,4	6
№51	Нижні Вільшани	52	65,52	313,56	23920	114,4	1
№52	Нестеренки	369	464,94	2225,07	169740	811,8	3
№53	Надержинщина	194	244,44	1169,82	89240	426,8	2
№54	Михайлики	125	157,5	753,75	57500	275	2
№55	Минівка	448	564,48	2701,44	206080	985,6	4
№56	Мильці	693	873,18	4178,79	318780	1524,6	6
№57	Миколаївка	55	69,3	331,65	25300	121	1
№58	Микільське	587	739,62	3539,61	270020	1291,4	5
№59	Мачухи	3337	4204,62	20122,11	1535020	7341,4	27
№60	Марківка	413	520,38	2490,39	189980	908,6	4
№61	Мар'івка	241	303,66	1453,23	110860	530,2	2

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



№107	Гора	767	966,42	4625,01	352820	1687,4	7
№108	Гонтарі	39	49,14	235,17	17940	85,8	1
№109	Головки	22	27,72	132,66	10120	48,4	1
№110	Головач	850	1071	5125,5	391000	1870	7
№111	Гожули	3744	4717,44	22576,32	1722240	8236,8	31
№112	Говтвянчик	24	30,24	144,72	11040	52,8	1
№113	Глухове	118	148,68	711,54	54280	259,6	1
№114	Глоби	10	12,6	60,3	4600	22	1
№115	Гвоздиківка	4	5,04	24,12	1840	8,8	1
№116	Гаврилки	9	11,34	54,27	4140	19,8	1
№117	Вищі Вільшани	37	46,62	223,11	17020	81,4	1
№118	Витівка	174	219,24	1049,22	80040	382,8	2
№119	Верхоли	450	567	2713,5	207000	990	4
№120	Вербове	54	68,04	325,62	24840	118,8	1
№121	Великий Тростянець	1137	1432,62	6856,11	523020	2501,4	10
№122	Ваці	489	616,14	2948,67	224940	1075,8	4
№123	Ватажкове	486	612,36	2930,58	223560	1069,2	4
№124	Васьки	45	56,7	271,35	20700	99	1
№125	Васильці	4	5,04	24,12	1840	8,8	1
№126	Василівка	723	910,98	4359,69	332580	1590,6	6
№127	Валок	262	330,12	1579,86	120520	576,4	3
№128	Вільховий Ріг	57	71,82	343,71	26220	125,4	1
№129	Вільхівщина	67	84,42	404,01	30820	147,4	1
№130	Бурти	29	36,54	174,87	13340	63,8	1
№131	Буланове	128	161,28	771,84	58880	281,6	2
№132	Бузова Пасківка	83	104,58	500,49	38180	182,6	1
№133	Бугаївка	212	267,12	1278,36	97520	466,4	2
№134	Брунівка	21	26,46	126,63	9660	46,2	1
№135	Бричківка	588	740,88	3545,64	270480	1293,6	5
№136	Бочанівка	26	32,76	156,78	11960	57,2	1
№137	Божкове	215	270,9	1296,45	98900	473	2
№138	Божки	57	71,82	343,71	26220	125,4	1
№139	Божківське	1214	1529,64	7320,42	558440	2670,8	10
№140	Бершацьке	13	16,38	78,39	5980	28,6	1
№141	Березівка	26	32,76	156,78	11960	57,2	1
№142	Безручки	409	515,34	2466,27	188140	899,8	4
№143	Байрак	83	104,58	500,49	38180	182,6	1
№144	Андрушки	63	79,38	379,89	28980	138,6	1
№145	Андріївка	163	205,38	982,89	74980	358,6	2
№146	Абазівка	1679	2115,54	10124,37	772340	3693,8	14
№147	Їжаківка	22	27,72	132,66	10120	48,4	1
№148	Івашки	672	846,72	4052,16	309120	1478,4	6
	Σ	<b>66624</b> чол	<b>83946,24</b> кг/добу	<b>401742,72</b> л/добу	<b>30647040</b> кг/рік	<b>146572,8</b> м <sup>3</sup> /рік	<b>616</b> шт

										Арк.
										61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340					

Таким чином, розрахунок кількості утворення відходів ТПВ для Полтавської громади при прийнятій кількості населення – 66624 чол. показав, що:

- добова норма утворення ТПВ складає - 83946,24 кг/добу або (401,743 м<sup>3</sup>/добу);
- річна норма утворення ТПВ становить - 30647,04 т/рік або (146572,8 м<sup>3</sup>/рік).

Потенційний річний обсяг утворення твердих побутових відходів, що утворюються на території міста Полтави та Полтавської громади, при прийнятій кількості населення 292000 чоловік у місті за умови охоплення 100 % населення послугою зі збирання побутових відходів склали: 133443 т/рік або 642400 м<sup>3</sup>/рік.

В розрахунках не врахована кількість відходів промислових підприємств, офісів, шкільних закладів та сфери міської влади, оскільки вони мають свій особистий морфологічний склад.

Загальний розрахунковий потенційний річний обсяг утворення твердих побутових відходів, які продукуються на території міста Полтави та Полтавської громади буде склати: 164090 т/рік або 788972,8 м<sup>3</sup>/рік. Враховуючи, що в середньому з однієї тонни побутових відходів утворюється 360 кг (36%) RDF-палива з вологістю 10 - 14 % і калорійністю 17 - 20 МДж/кг., загальна кількість RDF палива буде складати 164090 x 360 = 57431500 кг/рік або приблизно 57400 тонн..

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## Розділ 3

### Аналіз котельного обладнання, що працює на альтернативному виді палива

#### 3.1 Технічні показники котелень, що працюють на альтернативному паливі

Заміщення природного газу іншими типами палива при виробництві теплоенергії для задоволення потреб споживачів є економічно обґрунтованим рішенням, що підтверджується численними прикладами незалежних виробників та успішним переходом частини індивідуальних котелень у Полтаві на біопаливо. Однак, одним з найскладніших питань залишається використання систем централізованого тепlopостачання, де основна частина споживачів — це мешканці міста.

Згідно з думкою фахівців комунального підприємства «Полтаватеплоенерго», необхідною умовою для успішного впровадження котлів на біомасі є коригування тарифів на виробництво теплової енергії та підвищення їх до рівня, який буде економічно обґрунтованим і достатнім. Це дозволить не лише ефективно замінювати природний газ у муніципальному секторі, а й поширити цю практику на житлово-комунальний сектор загалом. Сьогодні у Полтаві в системі Теплокомуненерго налічується 93 котельні серед яких 90 використовують газ й лише тільки 3 працюють на пелетах та трісці.

На сьогодні, на підставі даних з [47] можливо стверджувати, що основна частка котелень в муніципальному секторі є опалювальними та й розраховані на роботу впродовж всього опалювального періоду. У своїй більшості точне визначення потрібних обсягів виробництва теплової енергії здійснюється на засадах факторів:

- теплове обслуговування споживачів, а саме (опалення, гаряче водопостачання та вентиляція);

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- характеристика та призначення опалювальних систем будівель та споруд;
- кліматичних умов регіону розташування;
- тепловтрат в мережах та використання тепла на власні потреби котелень згідно з державними будівельними нормами, та державними стандартами.

*Витрати палива в при роботі в котлах на біомасі базуються на ефективності роботи котлів (ККД) і калорійності палива.*

Середні питомі витрати умовного та викопного палива для виробництва 1 Гкал теплової енергії наведено в табл. 3.1. З даної таблиці видно, що для отримання однакової кількості енергії паливних гранул використовується в два рази менше, ніж відходів з деревини. Це значним чином впливає на габаритні розміри паливних складів, капітальних витрат на будівництво та розмір операційних витрат, що пов'язані з витратами на доставку палива до місць складування.

Питоме споживання натурального та умовного палива  
для виробництва 1 Гкал теплової енергії, кг/Гкал

Табл. 3.1

Вид біопалива	кг у.п./Гкал	кг н.п./Гкал
Тріска – 8 МДж/кг	167	618
Дрова – 10 МДж/кг		491
Гранули RDF палива – 16,4 МДж/кг		301
Газ – 33,8 МДж/м <sup>3</sup>	158	136

Витрати на паливо сьогодні є однією з найбільших статей операційних витрат виробництва теплової енергії. Так за даними 2018 року [47] для газових котелень цей показник становив 65–80%, залежно від обсягів виробництва та категорії споживачів, а за даними 2022 року взагалі страшно розраховувати. Тому заміщення газу іншими, дешевшими типами палива, дає нам змогу знизити витрати на виробництво теплової енергії для споживачів. Обсяг

					601-МНТ 11567340	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживання натурального палива, залежно від обсягів виробництва теплової енергії з врахуванням даних таблиці 3.1, наведено в табл. 3.2.

Таким чином, наприклад, на опалювальний період для котельні з потужністю до 500 кВт та при виробництві 1 тис. Гкал тепла споживають десь біля 550 т дров або 300 т гранул RDF -палива. Як видно з таблиці - це значим чином підіймає можливості використання енергетичного палива з твердих побутових відходів.

Обсяг споживання біопалива, т

Табл. 3.2

Вид біопалива	Плановий обсяг виробництва теплової енергії, Гкал					
	200	1000	2500	3500	14000	23000
Тріска – 8 МДж/кг	125	619	1547	2167	8668	14241
Дрова – 10 МДж/кг	97	490	1224	1716	6864	11275
Гранули – 16,4 МДж/кг	61	302	755	1056	4224	6938

На цьому фоні досить важливою є порівняльна оцінка економії природного газу та зниження викидів в атмосферу парникових газів залежно від обсягів виробництва теплової енергії з альтернативного палива (біомаси), що наведено в таблиці 3.3. З результатів отриманих розрахунків видно, що економія природного газу на отриману тисячу Гкал теплової енергії з альтернативного палива становить близько 137 тис. м<sup>3</sup>, скорочення викидів парникових газів – 52 т для CO<sub>2</sub>. Скорочення викидів парникових газів досягає 52 т CO<sub>2</sub>, а питома зниження викидів парникових газів складає 1,8 т CO<sub>2</sub>/тис. м<sup>3</sup> (або 0,25 т CO<sub>2</sub>/Гкал).

Порівняльні показники економії газу та зменшення викидів забруднень

Табл. 3.3

Показник	Плановий обсяг виробництва теплової енергії, Гкал					
	200	1000	2500	3500	14000	23000
Економія газу, тис.м <sup>3</sup>	26	137	344	480	1921	3155
Парникові гази, т CO <sub>2</sub>	53	261	653	912	3648	5995

										Арк.
										65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340					

Порівняльний аналіз роботи котелень на різних видах палива, було проведено авторами роботи [47], та наведено на рис.3.1.

У розрахунках, що проводяться, враховуються такі основні параметри: курс валюти становить 36 грн/\$, ставка ПДВ – 20%, ставка податку на прибуток – 19%, частка залучених коштів до загального обсягу інвестицій становить 72%. Умови повернення залучених коштів передбачають повернення протягом чотирьох років під 16% річних у гривнях. Тривалість опалювального періоду складає 182 доби, коефіцієнт використання відновлюваних джерел енергії (КВВП) — 0,63. Тариф на електроенергію встановлений на рівні 1,72 грн/кВт·год. Термін експлуатації обладнання складає 10 років, а зростання операційних витрат (крім палива) по відношенню до газової котельні — 16%.

Згідно з даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, у секторі теплопостачання для заміщення традиційних видів палива з використанням відновлюваних джерел енергії необхідно замінити 5,93 млн т нафтового еквівалента (н. е.), з яких 4,72 млн т н. е. (що відповідає 5,8 млрд м<sup>3</sup> газу) – це палива, що споживаються в системах централізованого опалення, що становить приблизно 67% всього палива, спожитого на підприємствах теплокомуненерго.

Згідно з прогнозами, з урахуванням середньої потужності котлів, які можуть бути встановлені в муніципальному секторі, загальна потреба в котлах на біомасі до 2035 року може становити від 16 до 20 тис. одиниць, що відповідає приблизно 2-3 тис. одиниць на рік.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

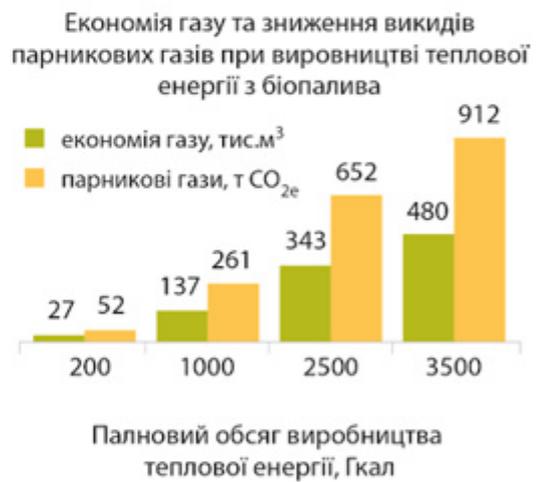
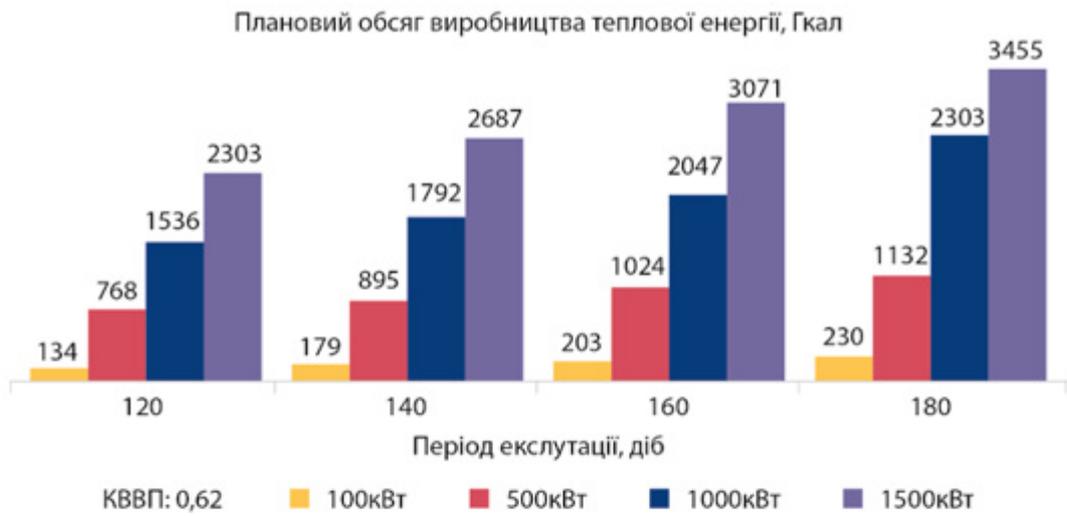


Рис. 3.1 Технічні характеристики роботи котелень [47].

### 3.2 Характеристика котлів, які можуть працювати на альтернативному паливі

Дані що до характеристики паливоспалюючих котлів по типам їхньої потужності, видів палива та технології спалювання було визначено за даними аналізу прайсів від виробників такого обладнання [37, 47, 48]. Результати аналізу та обробки інформації подано в таблиці 3.4. За результатами визначено, сучасний загальний ряд котлів на біомасі згідно із запропонованими критеріями оцінки.

В таблиці 3.4 наведено асортимент 10 виробників котлів з широким діапазоном потужностей. Діапазон потужностей котлів для біопалива достатньо широкий та складає від 15 кВт до 1200 кВт, при умові, що котли можуть працювати на гранулах, дровах, трісці. Для кожного з видів палива передбачається відповідна технологія спалювання та подавання палива, а саме:

- спалювання на нерухомій колосниковій решітці з використанням ручного завантаження (пелети);
- спалювання з використанням реторти з механічною подачею (тріска, пелети);
- спалювання з використанням спеціального пальника для гранул з механічною подачею (гранули).

На підставі проведеного аналізу, можливо зробити висновки, що існує широкий вибір котельного паливоспалюючого обладнання, які працюють на біомасі:

- найбільша кількість обладнання потужністю від 0,1 МВт – 1 МВт, асортимент охоплює більше 68 найменувань;
- 26 найменувань котлів потужністю більше ніж 1,0 МВт.

Серед котлів, що працюють на альтернативному паливі за видом палива є види що працюють на дровах – 87; обладнання, що може працювати на гранулах – 67 ; 35 пропозицій стосуються устаткування, що може

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

використовувати як паливо деревну тріску, 15 типів котлів пропонуються для використання відходів аграрного сектору.

### Різномайття котлоагрегатів на біопаливі

Табл. 3.4

Виробник (ТМ)	Насиченість номенклатури				Кількість моделей
	Потужність, МВт	Технологія	Паливо	Спосіб подачі	
«Броварський завод комунального обладнання»	0,020–1,0	Спалювання на решітці, на реторті	Дрова, тріска, брикети, гранули	Ручна, мех., подача	38
ТОВ «Котлозавод «Крігер»	0,025–2,0	Спалювання на решітці, на реторті	Дрова, тирса, гранули	Ручна, мех.	90
ТД «Коростенський завод теплотехнічного обладнання»	0,01–2,0	Спалювання на решітці, піроліз	Дрова, тріска, гранули	Ручна, мех.	59
ПП «Альтеп-центр»	0,015–1,0	Спалювання на решітці, на реторті, в пальнику	Дрова, тріска, гранули	Ручна, мех.	106
ТОВ «Сучасні ефективні технології»	0,014–1,0	Спалювання на решітці, на реторті	Дрова, тріска, гранули	Ручна, мех.	37
«Gefest-profi»	0,015–1,15	Спалювання на решітці, на реторті, піроліз	Дрова, тріска, гранули	Ручна, мех.	47
ЗАТ «Волинь Кальвіс»	0,011–0,95	Спалювання на решітці, на реторті, на рухомій решітці, піроліз	Дрова, тріска, гранули, солома, лушпиння	Ручна, мех.	69
ТОВ «ЛІКА-СВІТ»	0,1–5,0	Спалювання на решітці, на реторті	Дрова, тріска, гранули	Ручна, мех.	18
ППФ «Ретра»	0,01–2,0	Спалювання на решітці, на реторті, в пальнику	Дрова, тріска, гранули, солома	Ручна, мех.	58
ТОВ «Денасмаш»	0,1–2,0	Спалювання на решітці, в пальнику	Дрова, тріска, гранули	Ручна, мех.	16

Загальні відомості про виробників котлоагрегатів, які працюють на альтернативному паливі та здійснюють діяльність згідно з КВЕД 25.21 – «Виробництво радіаторів і котлів центрального опалення» за регіонами зведено до таб 3.5.

## Виробники котлоагрегатів на біопаливі за регіонами

Табл. 3.5

Регіон	За КВЕД	На біомасі	Потужність			Вид палива			
			<0,1 МВт	0,1-1,0 МВт	>1 МВт	Агро.	Дрова	Тріска	Гранули
Вінницька	4	3	3	1	–	–	3	–	2
Волинська	1	2	2	1	1	–	2	1	1
Дніпропетровська	7	1	1	1	–	–	–	–	1
Донецька	2	–	–	–	–	–	–	–	–
Житомирська	8	7	4	4	4	–	6	4	4
Закарпатська	1	–	–	–	–	–	–	–	–
Запорізька	1	4	4	–	–	–	4	–	–
Івано-Франківська	2	1	1	–	–	–	1	–	1
Кіровоградська	2	1	1	1	–	–	1	–	1
Київська	22	25	20	18	6	5	20	13	20
Луганська	2	1	1	–	–	–	1	–	–
Львівська	6	6	5	3	2	–	6	1	3
Миколаївська	2	1	1	–	–	–	1	–	1
Одеська	5	6	5	3	2	1	4	3	5
Полтавська	1	2	1	2	1	1	2	1	2
Рівненська	7	12	9	10	5	4	11	5	8
Сумська	2	4	3	4	–	–	3	–	3
Тернопільська	1	1	1	1	–	–	1	–	1
Харківська	9	12	8	7	3	2	11	6	5
Хмельницька	8	5	3	4	1	1	5	1	2
Черкаська	4	3	2	3	1	2	2	1	–
Чернівецька	1	–	–	–	1	–	–	–	–
Чернігівська	3	5	5	5	1	–	5	1	4
УСЬОГО	101	102	80	68	27	16	89	37	63

З аналізу даних видно, що найбільша кількість виробників котлоагрегатів, що працюють на біопаливі, зареєстровані в Київській області (26 підприємств). На другому та третьому місцях знаходяться Харківська та Рівненська області, в яких налічується по 12 таких виробників. В Полтавській області було зареєстровано тільки два підприємства. Загалом, можна зробити висновок, що виробництво котлоагрегатів на біопаливі в Україні розвинене досить слабо та не рівномірно й потребує центрального коригування. На рисунку 3.2 наведено узагальнення виробництва котлоагрегатів за регіонами в Україні.

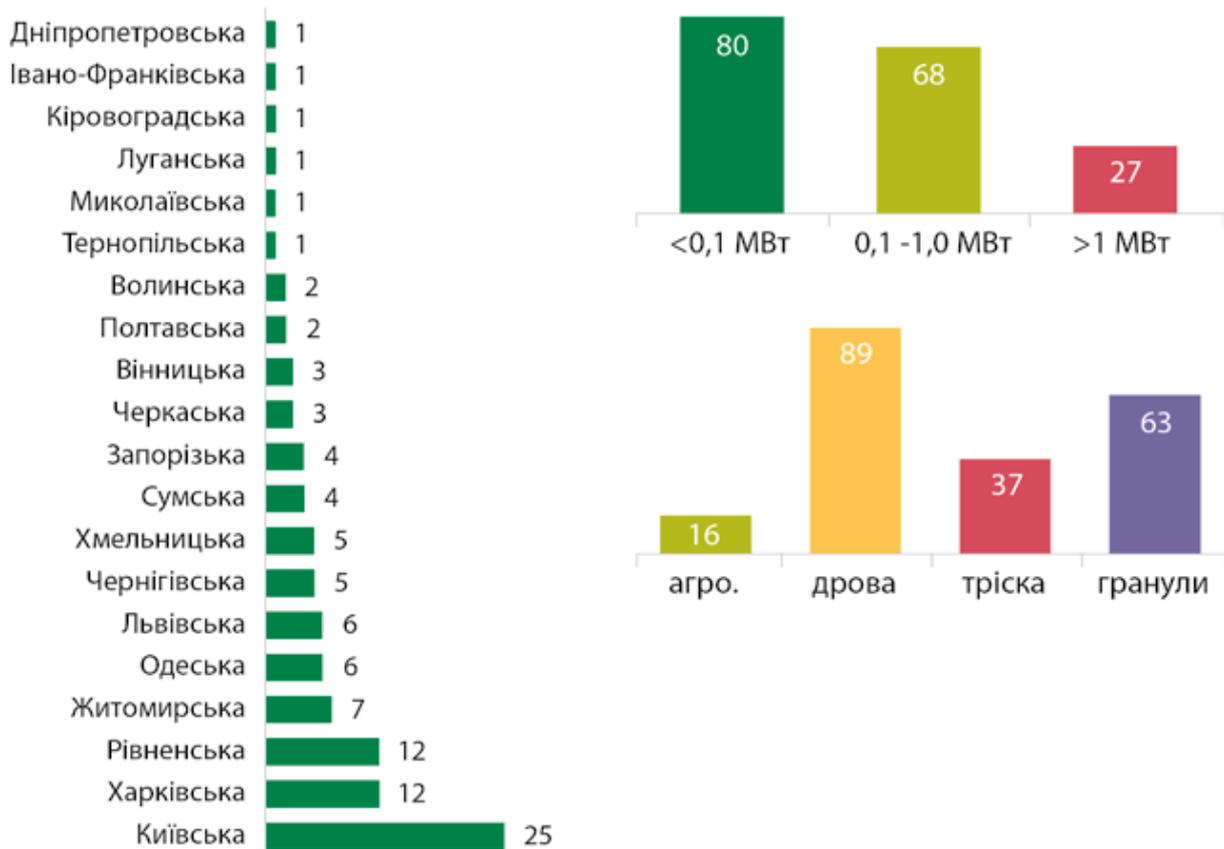


Рис. 3.2. Кількість виробників котлоагрегатів на біомасі за регіонами

Зарубіжне котельне обладнання, що працює на альтернативному паливі та й представлено на українському ринку, прийнято за матеріалами виставок та форумів, проспектів, каталогів, наукових робіт студентів, що займалися цим питанням й безумовно з інформаційних матеріалів різних інтернет-ресурсів та й наведено в таблиці 3.6. Інтервал потужності котлоагрегатів коливається від 7,0 кВт до 7,0 МВт. Але більшість представлених виробників орієнтована на виробництво котлоагрегатів до 1,0 МВт, для яких в якості палива використовуються дрова та гранули пелет з ручною або з механізованою подачею паливного компоненту. Значно менша кількість виробників здатна виробляти котлоагрегати з потужністю понад 1,0 МВт для спалювання деревних пелет та різних агровідходів. Розподіл котлів за країнами виробниками наведено в табл. 3.7 [47].

Імпортні виробники котлоагрегатів на біомасі

Табл. 3.6

Виробник (ТМ), країна	Характеристики показників роботи котлів				Кількість моделей котлів
	Потужність, МВт	Технологія	Паливо	Спосіб подачі, допоміжне обладнання	
«Viessmann», Німеччина	0,02–14	Спалюван ня на рух. решітці, піроліз, ротаційна камера згоран ня	Дрова, брикети, гранули, тріска	Ручний, мех.	28
«Buderus», Чеська Республіка	0,012–0,06	Спалювання на нерух. решітці, піроліз	Дрова, брикети, гранули	Ручний, мех.	34
«Protech», Польща	0,012–1,4	Спалювання на нерух. решітці, реторта, в пальнику	Дрова, гранули, тирса, солома	Ручний, мех.	83
«Carborobot», Угорщина	0,03–0,5	Спалювання в пальнику	Гранула, тріска	Механічний	7
«Kalvis», Литва	0,07–6	Спалювання на нерухомій та рухомій решітці	Дрова, гранули, тирса	Ручний, мех.	48
«Herz», Австрія	0,01–1,2	Спалювання на рухомій решітці	Гранули, дрова, тирса	Ручний, мех.	34
«Heizomat», Німеччина Польща	0,007–7,2	Спалювання на нерухомій та рухомій решітці, пальни ку, піроліз, ротаційна камера згоран ня	Дрова, гранули, тирса, солома, лушпиння	Ручний, мех.	252
«SAS», Польща	0,009–0,275	Спалювання на нерухомій решітці, пальнику, піроліз, реторти	Дрова, гранули	Ручний, мех.	186
«Vimar», Словаччина	0,005–0,12	Спалювання на нерухомій решітці, піроліз	Дрова	Ручний	32
«Drewmet», Польща	0,012–0,15	Спалювання на нерухомій решітці, піроліз, в пальнику	Дрова, гранули	Ручний, мех.	64

## Країни виробники котлоагрегатів на біомасі

Табл. 3.7

Країна виробник	К-сть виробників	Потужність, МВт			Вид палива			
		< 0,1	0,1 – 1,0	> 1	Агро	Дрова	Тріска	Гранули
Польща	39	36	26	4	6	36	11	26
Туреччина	14	14	7	2	0	11	1	7
Чеська Республіка	13	9	7	4	5	7	7	10
Литва	9	7	3	3	1	7	4	5
Італія	8	5	5	5	-	3	5	7
Австрія	7	3	6	6	4	2	6	7
Данія	8	6	5	5	7	4	7	4
Німеччина	7	6	2	3	-	5	5	4
Білорусь	6	6	5	1	2	6	1	4
Латвія	4	3	3	1	-	2	1	3
Великобританія	3	3	3	-	1	2	1	2
Сербія	3	3	1	-	-	3	-	1
Словаччина	2	2	-	-	-	2	-	2
Нідерланди	2	-	1	2	2	-	2	2
Словенія	2	2	2	-	-	1	2	2
Болгарія	1	1	-	-	-	1	1	1
Греція	1	1	1	-	-	1	-	-
Китай	1	-	-	1	-	-	1	-
Південна Корея	1	1	-	-	-	-	-	1
Росія	1	1	1	-	-	1	-	-
Румунія	1	1	1	-	-	1	-	1
Угорщина	1	1	-	1	-	1	1	1
Фінляндія	1	1	-	1	-	-	1	1
Франція	1	-	-	1	1	-	1	-
Швеція	1	1	-	-	-	-	-	1
<b>ВСЬОГО</b>	<b>135</b>	<b>113</b>	<b>79</b>	<b>40</b>	<b>29</b>	<b>96</b>	<b>58</b>	<b>93</b>

Перше місце серед країн імпортерів котлоагрегатів посідає Польща – 39 (28%), на другому і третьому місцях відповідно Туреччина – 14 та Чеська Республіка – 13 (приблизно по 10%).

Вартість котлів за питомими показниками наведена на рисунку 3.3 [47]. Імпортні котлоагрегати на гранулах потужністю від 0,1 МВт пропонуються на ринку України по ціні від 86 до 367 \$/кВт, котли потужністю від 0,5 МВт – від 145 до 287 \$/кВт, котли від 1 МВт – від 139 до 229 \$/кВт. Питома вартість котельного обладнання «Herz» та «Viessmann» зі зростанням потужності зменшується в середньому відповідно приблизно на –20% та –10%. Польськими виробниками («Heizomat», «SAS», «Drewmet», «Protech») пропонуються котлоагрегати потужністю до 100 кВт, що мають ціну втричі дешевшу за

німецькі та австрійські їхні аналоги, це і пояснює збільшений попит на продукцію польських виробників. Найвищу питому вартість мають котли потужністю близько 500 та 1000 кВт, австрійської фірми «Herz» або німецької «Viessmann», але фахівці це пояснюють високою якістю і надійністю обладнання, високим рівнем автоматизації обладнання та комплектації, високим ККД.

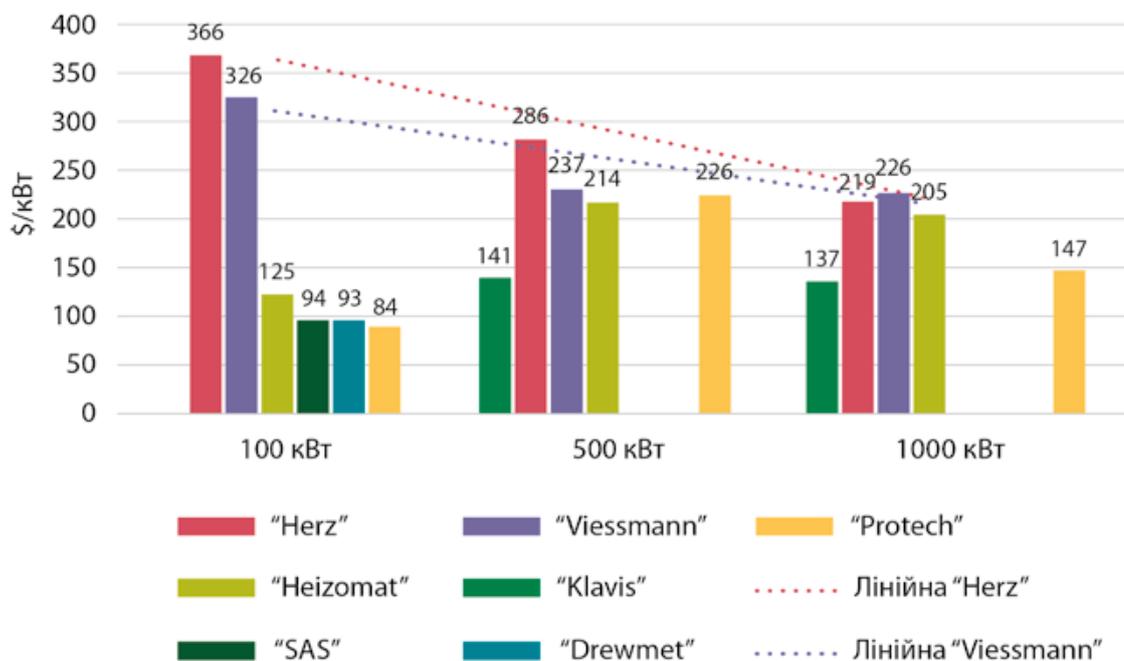


Рис. 3.3. вартість котлів за питомими показниками роботи

На ринках України ідентифіковано десь 135 зарубіжних торгових марок котлів на біопаливі. З 2016 по 2021 р. в Україну було завезено з-за кордону близько 35 тис. котлів на біопаливі загальною потужністю близько 1,5 ГВт. Найбільшими імпортерами є Польща, Чеська Республіка, та Італія. Загальний обсяг імпортних котлоагрегатів на біопаливі на ринку нашої країни за 2016 – 2021 рр. становив 34,9 млн \$ [47]. Ввезені з-за кордону котлоагрегати на гранулах потужністю до 0,1 МВт можна придбати за ціною від 86 до 369 \$/кВт, а котли потужністю до 0,55 МВт виробники можуть поставити за цінами від 145 до 288 \$/кВт, котли до 1 МВт – за ціною від 139 до 228 \$/кВт.

## Розділ 4

### Екологічні складові спалювання котлами альтернативного палива

Аналіз робіт [35,36,38-41,44, 47-48] виявив, що під час отримання теплової енергії виникають наступні фактори забруднюючого впливу на довкілля:

- використання кисню атмосферного повітря та викиди продуктів повного та неповного спалювання;
- теплові викиди;
- шум від обладнання;
- забруднюючі викиди в атмосферне повітря.

Для зменшення кількості використання кисню атмосферного повітря та викидів продуктів неповного спалювання потрібно:

- нарощувати ККД встановленого обладнання, що дозволить отримати теплову енергію за рахунок використання меншої кількості палива;
- знижувати металомісткість і габаритні розміри обладнання, що дозволить економити паливо в процесі виробництва матеріалів та в процесі монтажу обладнання;
- використовувати ще менш енергоємні витратні матеріали, які використовуються для виробництва котлоагрегатів та при монтажних роботах.

Викиди тепла тісно пов'язані з надто високою температурою в процесі згорання, при утворенні шлаку, а також з недостатньою теплоізоляцією захисту конструкцій котлів та обладнання. Це потребує застосування спеціальних термостійких ізолюючих будівельних матеріалів. Так, акустичні характеристики та рівень шуму є важливими аспектами при розрахунках та проектуванні котельних установок, особливо в міських і густонаселених районах. При роботі котлів великої та середньої потужності шум може стати значним фактором впливу на навколишнє середовище і здоров'я людей. Це особливо важливо для котельень, що розташовані в житлових зонах або поблизу

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75



– продукти повного та неповного згоряння палива CO, вуглеводні, H<sub>2</sub> та ін.;

– канцерогенні речовини в паливі (бенз(а)пірен та ін.).

Для уникнення або, принаймні мінімізації негативного фактору впливу використання твердого органічного палива на навколишнє середовище при переведенні котлоагрегатів на біологічне альтернативне паливо, необхідно всебічно вивчити подібний досвід в тих містах, де вже тривалий час використовується дрова, торф, вугілля та інше органічне паливо.

Аналіз стану повітряного середовища міст Західної Європи, зокрема в Польщі, Кракова, Легніци та інших показав, що склад викидів забруднюючих речовин досить широкий та включає в собі оксиди сполук згоряння та леткі органічні речовини, «TSP (total suspended particulates - увесь звислий пил, або всі аерозолі, навіть які мають середній діаметр понад 10 ppm)», частинки PM10 та речовина бенз(а)пірену. На цьому тлі особливої уваги заслуговує вивчення пилових частинок розміром PM10 (частки пилу з діаметром до 10 мкм) є важливим показником забруднення атмосферного повітря, оскільки ці дрібні частинки можуть проникати глибше в дихальні шляхи, що спричиняє серйозні проблеми зі здоров'ям, зокрема респіраторні та серцево-судинні захворювання.

Ось що важливо зазначити щодо норм та їх значень:

1. **\*\*Допустима середньодобова концентрація PM10\*\***:

- Встановлено, що максимальна середньодобова концентрація PM10 не повинна перевищувати 50 мкг/м<sup>3</sup>. Це є стандартом, який може перевищуватися не більше ніж 35 разів на рік, тобто допускається певний рівень варіації, але цей показник не повинен становити постійну проблему.

2. **\*\*Допустима середньорічна концентрація PM10\*\***:

- За середньорічний період концентрація PM10 не повинна перевищувати 40 мкг/м<sup>3</sup>. Це дозволяє забезпечити загальний контроль за забрудненням повітря протягом року, але гарантує, що пік забруднення не буде тривалим.

3. **\*\*Небезпечні рівні для PM10\*\***:

					601-МНТ 11567340	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Якщо середньодобова концентрація РМ10 перевищує 250 мкг/м<sup>3</sup>, це вважається небезпечним для здоров'я людей. Така концентрація може спричинити негайні проблеми зі здоров'ям, зокрема у осіб із хронічними захворюваннями органів дихання.

Забруднення пилом РМ10 часто виникає внаслідок різноманітних промислових процесів, транспорту, а також через опади, будівельні роботи і спалювання палива (зокрема, деревних пелет або іншого біопалива в котельнях). Враховуючи це, важливо постійно моніторити рівень пилу в повітрі та застосовувати заходи для його зниження, такі як використання фільтрів, системи очищення викидів та обмеження забруднюючих джерел. Аналіз запиленості атмосферного повітря вітчизняними нормами розглядається як недиференційований за складом неорганічний пил, який має значно більший розмір. При цьому середньодобове значення параметру ГДК становить 0,15 мг/м<sup>3</sup>, а максимальне разове ГДК - 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Одним із самих безпечних забруднювачів атмосферного повітря є бенз(а)пірен (речовина 1 класу шкідливості) [49, 50] – це поліциклічний вуглеводень, що утворюється в процесі спалюванні твердого та рідкого палива (але в значно меншому вигляді він є у газі).

У вітчизняних науковців недостатньо уваги приділяється емісії бенз(а)пірену в атмосферу. У нормативних методиках розрахунків викидів забруднюючих речовин в атмосферу від енергетичних установок спалювання цей показник не розглядається. Водночас, в аналогічних методиках Росії наведені розрахунки емісії бенз(а)пірену як від промислових теплоенергетичних котлів малої потужності, так і від стандартних водогрійних котлів.

Для оцінки впливу на атмосферу застосування твердого палива при його спалюванні в котлоагрегатах на забрудненість довкілля використано розрахункові значення надходження пилу та бенз(а)пірену в повітря, які отримані як по вітчизняним та зарубіжним методикам [51, 52, 53].

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

**Розділ 5**  
**Вихідні дані до розрахунку**

**5.1 Вибір параметрів зовнішнього повітря**

Кліматичний район об'єкту проектування - м. Полтава [57]

Розрахункова географічна широта місця розташування - 49°36 Пн. ш.

Теплий період року, температура:

- Температура повітря: +20,5 °С
- Швидкість повітря: 2,2 м/с

Холодний період року, температура:

- Температура повітря: – 23 °С
- Швидкість повітря: 2,4 м/с

Температура повітря у січні становить: – 5,6 °С

Температура повітря у липні становить: + 20,5 °С

Середньорічна температура повітря становить: + 7,8 °С

Температура найбільш холодної доби забезпеченістю 0,92<sup>хд</sup> складає -27 °С

Температура найбільш холодної п'ятиднівки забезпеченістю 0,92<sup>тнб</sup> складає  
-23 °С

Повторюваність напрямків повітря за місяць січень, % :

Пн	ПнС	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Штиль
9,0	10,0	11,9	8,7	14,7	14,9	20,2	10,6	2,5

Середня швидкість повітря по напрямкам за місяць січень, м/с :

Пн	ПнС	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Штиль
3,1	2.9	3.5	2.8	3.2	3.4	3.6	3.6	2.5

Повторюваність напрямків повітря за місяць липень, % :

Пн	ПнС	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Штиль
19.5	12.3	11.0	5.3	7.5	8.3	20.4	15.7	7.4

Середня швидкість повітря по напрямкам за місяць липень:

Пн	ПнС	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Штиль
2.4	2.3	2.2	2.0	2.1	2.5	2.7	2.5	7.4

Мінімальна з середніх швидкостей по румбах за місяць липень: 0 м/с.

Середньодобова кількість сонячної радіації, яка поступає у місяці липні на горизонтальну поверхню при безхмарному небі на широті 49° Пн. ш. складає 328 Вт/м<sup>2</sup>.

## 5.2 Вихідні дані котельні що проектується

Котельня призначена для покриття теплового навантаження для потреб опалення та гарячого водопостачання. Теплове навантаження за споживачами:

Система опалення становить -1,0 –МВт;

Система гарячого водопостачання – 0,6 Мвт.

Перспектива : опалення – 1,2 МВт.

гаряче водопостачання -0,8 Мвт.

Загальне навантаження – 2,0 – МВт

Тиск в трубопроводах котельні:

подаючий трубопровід - 0,3 МПа;

зворотній трубопровід - 0,15 МПа.

По категорії теплозабезпечення котельня що проектується відноситься до другої категорії.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Котельня передбачена для роботи на водогрійних котлах НЕУС-Т 800 кВт – 3 шт.,

Котли НЕУС-Т 800 типу призначені для опалення житлових будинків та промислових споруд. Мають автоматичний режим. Паливо для роботи котла транспортується автоматично шнековим пристроєм із паливного бункера, що розташований поруч із котлом. Паливом для котлів є відходи деревини, пелети та тріски фракцією від 5x5x5 мм до 15x35x80 мм, пелети з вологістю не більше 30%. Котлоагрегат НЕУС-Т 800 виготовлений відповідно до норм «НПАОП 0.00-1.26-96» «Правила пристрою та безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не вище 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрійних котлів та водопідігрівачів з температурою нагрівання води не більше 115 °С».

Котельня є типовою, та розробленою відповідно до діючих нормативів.

### **5.3 Характеристика встановлених котлів.**

#### **5.3.1 Технічна характеристика котлів НЕУС-Т 800**

Зовнішній вид твердопаливного котла наведено на мал.. НЕУС-Т 800 кВт

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81



Рис. 5.1 Зовнішній вигляд котлів НЕУС-Т 800 кВт

Котли НЕУС-Т 800 добре підходять для встановлення в котельних для опалення приміщень.

Дана модель є дуже гарним вибором для тих, кому необхідний простий та надійний інструмент для обігріву приміщень різних типів площею до 8000 кв. метрів.

Має автоматичний режим роботи. У котлах НЕУС-Т 800 для підтримки температури на необхідному рівні використовується автоматика та вентилятор. Завдяки цьому система опалення стає максимально наближеною до автоматичної. Користувачеві необхідно виставити бажану температуру на блоці управління, а потім електроніка все зробить самостійно.

Технічна характеристика котлів НЕУС-Т

Табл. 5.1

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Параметр		Од. виміру	Норма для котла Неус-Т									
Номинальна теплопродуктивність (потужність) котла		кВт	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800
Площа поверхні теплообміну в котлі		м <sup>2</sup>	8,1	12,4	15,5	21,8	24,3	25,8	29,5	36,0	42,2	47,5
Коефіцієнт корисної дії (паливо: кам'яне вугілля), не менше		%	86									
Розміри топки	глибина	мм	940	1100	1290	1410	1410	1550	1820	2280	2280	
	об'єм	дм <sup>3</sup>	240	280	390	500	560	650	790	920	1100	1300
Водяна ємність котла		л	555	776	784	1230	1370	1370	1510	1960	2250	2310
Маса котла без води		кг	1200	1580	1690	2180	2420	2500	3200	3700	4000	4200
Необхідна тяга топочних газів		Па	10-80									
Температура топочних газів на виході з котла		°С	240-290									
Рекомендована мінімальна температура води		°С	58									
Максимальна температура води		°С	85									
Номинальний (максимальний робочий) тиск води		МПа	0,30									
Випробувальний тиск води, не більше		МПа	0,45									
Споживання електроенергії (контролер + вентилятор) (230 В, 50 Гц), не більше		Вт	170	210	210	210	320	490	810	1110	1110	1110
Габаритні розміри котла	В	мм	1000	1000	1000	1230	1290	1290	1340	1420	1420	1620
	Н		1670	1860	1860	2020	2130	2230	2140	2170	2170	2170
	Н1		1540	1740	1740	1900	2000	2110	2010	2040	2040	2040
	Н2		1325	1485	1487	1617	1719	1784	1715	1720	1720	1720
	Н3		320	320	320	375	385	385	385	385	385	385
	L		2110	2340	2530	2670	2670	2670	2770	3050	3510	3510
Розміри завантажувальних дверей	висота	мм	350	350	350	400	400	420	430	430	430	430
	ширина	мм	400	400	400	500	500	500	600	600	600	600
Приєднувальні (зовнішній діаметр) розміри борова		мм	245	298	298	348	398	398	448	498	548	548
Діаметр патрубків прямої і зворотної мережної води (Ду)		мм	65	65	65	80	80	80	100	100	100	100
Рекомендовані параметри димоходу	площа перерізу	см <sup>2</sup>	483	702	702	962	1256	1256	1520	1885	2380	2380
	внутрішній діаметр	мм	250	300	300	350	400	400	450	500	550	550
	висота (мінімально допустима)	м	9	10	14	14	11	15	16	16	16	17
Діаметр патрубка під запобіжний клапан (Ду)		мм	40	40	40	50	50	2×50	2×50	2×50	2×50	2×50
Необхідна величина тиску спрацьовування запобіжного клапана		МПа	0,35									

### Пальник котла НЕУС

Пальники НЕУС для спалювання біомаси, зокрема пелет, є високотехнологічними пристроями, які значно покращують ефективність процесу спалювання і мінімізують потребу в обслуговуванні. Вони розроблені для автоматизації основних процесів, таких як розпалювання, підтримка стабільного горіння, очищення від попелу та гасіння. Ось деякі ключові характеристики та функції пальників НЕУС:

#### 1. \*\*Автоматичне транспортування палива\*\*:

Пелети або агропелети подаються з паливного бункера до пальника за допомогою шнекового подавального пристрою. Це дозволяє забезпечити безперервну подачу палива, що важливо для стабільної роботи котельного обладнання.

#### 2. \*\*Автоматизація процесу спалювання\*\*:

Управління процесом спалювання, включаючи розпалювання, контроль температури та потужності, здійснюється автоматично через контролер, що дозволяє оптимізувати споживання палива та знизити рівень викидів забруднюючих речовин.

												Арк.
												83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340							

### 3. **\*\*Очищення від шлаку та попелу\*\***:

Пальники НЕУС оснащені механізмами для очищення від шлаку та попелу, що утворюються під час спалювання біомаси. Це дозволяє зменшити потребу в ручному обслуговуванні і продовжити термін служби пальника.

### 4. **\*\*Автоматичне розпалювання і гасіння\*\***:

Процес розпалювання полягає в завантаженні початкової порції палива та нагріванні його до температури займання за допомогою запальнички. Завдяки автоматичному контролю процесу розпалювання та гасіння, пальник НЕУС не потребує постійного нагляду або втручання оператора.

### 5. **\*\*Економічність і ефективність\*\***:

Високий рівень автоматизації та інтелектуальне управління забезпечують зниження витрат палива та збільшення загальної ефективності спалювання. Це сприяє зменшенню викидів забруднюючих речовин, таких як CO<sub>2</sub> та інші продукти горіння, порівняно з традиційними методами опалення.

### 6. **\*\*Екологічна безпека\*\***:

Спалювання пелет у пальнику НЕУС є більш екологічно безпечним, оскільки пелети виготовляються з деревної сировини або агропелет, що є відновлюваними джерелами енергії. Завдяки високій ефективності спалювання та контролю рівня викидів, пальники зменшують негативний вплив на навколишнє середовище.

Такі пальники є важливим елементом сучасних систем опалення, особливо в контексті енергетичної ефективності та переходу до відновлюваних джерел енергії.

Чищення полягає в усуненні залишків після згоряння палива. Цей процес здійснюється циклічно і сприяє повному допаленню палива, що забезпечує як економічність, так і екологічність експлуатації обладнання. Очищення пальника також сприяє подовженню терміну експлуатації топкової камери. Зазначені пальники сумісні з більшістю твердопаливних опалювальних котлів, а також з окремими газовими та масляними котлоагрегатами, оснащеними камерами згоряння і зольними ящиками.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Пальник НЕУС - це екологічний пристрій, призначений для спалювання палива з поновлюваних джерел енергії, наприклад з деревної пелети, агропелети. Пальник НЕУС є високоефективним пристроєм для спалювання пелет і агропелет з сучасними технологічними рішеннями, що значно покращують зручність експлуатації та забезпечують високий рівень безпеки. Ось деякі важливі технічні аспекти та особливості конструкції пальника:

1. **\*\*Автоматизація та контроль\*\***:

- **\*\*Контролер\*\*** пальника є серцем системи управління, що дозволяє точне регулювання процесу спалювання. Завдяки плавному регулюванню співвідношення паливо-кисень, можна налаштувати потужність пальника відповідно до змінних потреб споживача.

- Контролер може обслуговувати до 4 насосів та 3 змішувальних клапанів, що дозволяє інтегрувати пальник у складніші системи опалення, включаючи опалення води та побутові потреби.

- Підключення до **\*\*6 датчиків температури\*\*** забезпечує точний контроль температури в різних точках системи, включаючи систему опалення, гарячого водопостачання та буферного бака.

2. **\*\*Технічні засоби для підвищення ефективності та зручності\*\***:

- **\*\*Датчик продуктів згоряння PID\*\***, **\*\*кімнатний терморегулятор\*\***, і **\*\*лямбда-зонд\*\*** оптимізують процес горіння, що сприяє зниженню витрат палива та викидів забруднюючих речовин.

- Завдяки цим технологіям пальник НЕУС забезпечує не тільки ефективне використання палива, але й мінімальний вплив на навколишнє середовище.

3. **\*\*Безпека\*\***:

- Пальник оснащений **\*\*системою протипожежного захисту\*\***, що автоматично перекриває подачу палива у разі аварії або перегріву, що забезпечує додаткову безпеку і знижує ризик виникнення пожежі.

- Пальник спроектований так, щоб **\*\*перебої в електропостачанні\*\*** не мали негативного впливу на його роботу, завдяки невеликій кількості палива в камері згоряння.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

- Паливо зберігається в **герметичному контейнері**, що захищає його від зовнішніх факторів, а транспортується до пальника за допомогою **пристрою подачі** зі спіральним вкладишем. Це знижує ймовірність потрапляння небажаних елементів у пальник і покращує контроль за процесом подачі палива.

#### 4. **Конструкція та матеріали**:

- **Топка і колосникова решітка** виготовлені з жаростійкої нержавіючої сталі, яка проходить випробування при температурах понад 1000°C, що забезпечує тривалий термін служби і високу теплотехнічну ефективність.

- **Труба подачі палива** виготовлена з вуглецевої сталі з гальванічним покриттям, що запобігає корозії і дозволяє продовжити термін експлуатації пальника.

- Конструкція пальника спеціально спроектована для того, щоб **електричні компоненти** не перегрівались, що значно збільшує їхню надійність і зменшує ризик поломок.

#### 5. **Технічні переваги**:

- Високий рівень автоматизації та інтеграції з іншими системами дає можливість ефективно управляти температурними режимами та знижує енергетичні витрати.

- Використання пальника НЕУС допомагає забезпечити ефективне спалювання біомаси з мінімальними викидами забруднюючих речовин, що робить його економічно вигідним і екологічно безпечним вибором для котелень і опалювальних систем.

Завдяки цим технічним особливостям пальники НЕУС є надійними та ефективними пристроями для спалювання пелет, що сприяють переходу до відновлюваних джерел енергії та покращують ефективність опалювальних систем.

					601-МНТ 11567340	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

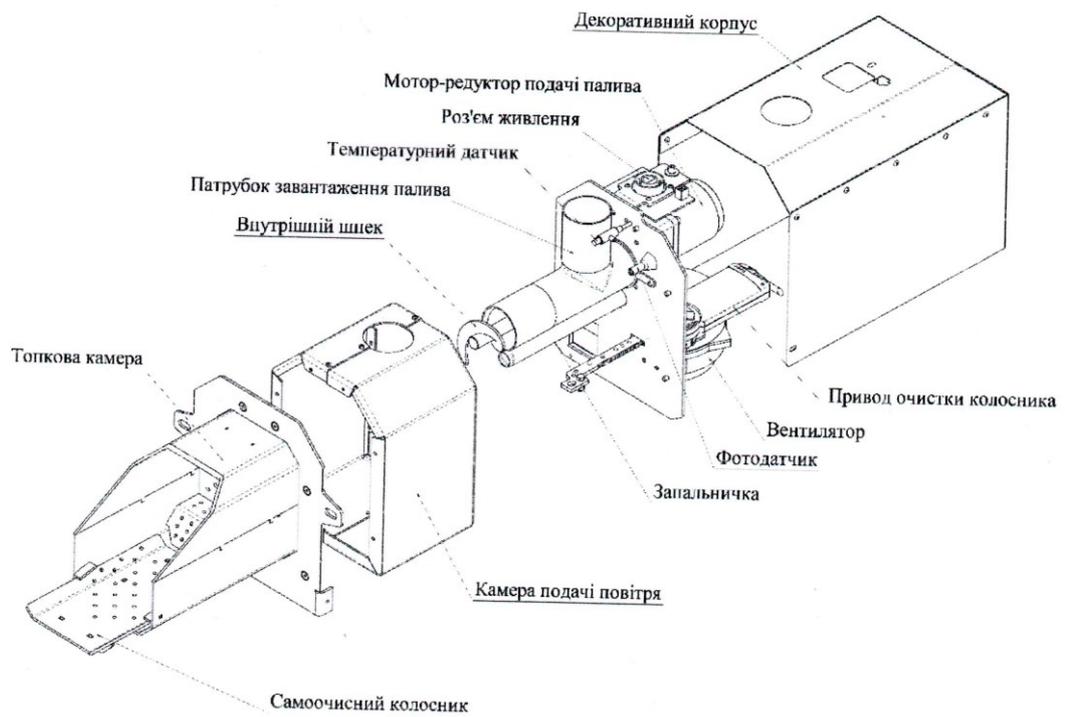


Рис. 5.2 Деталі встановленого пальника

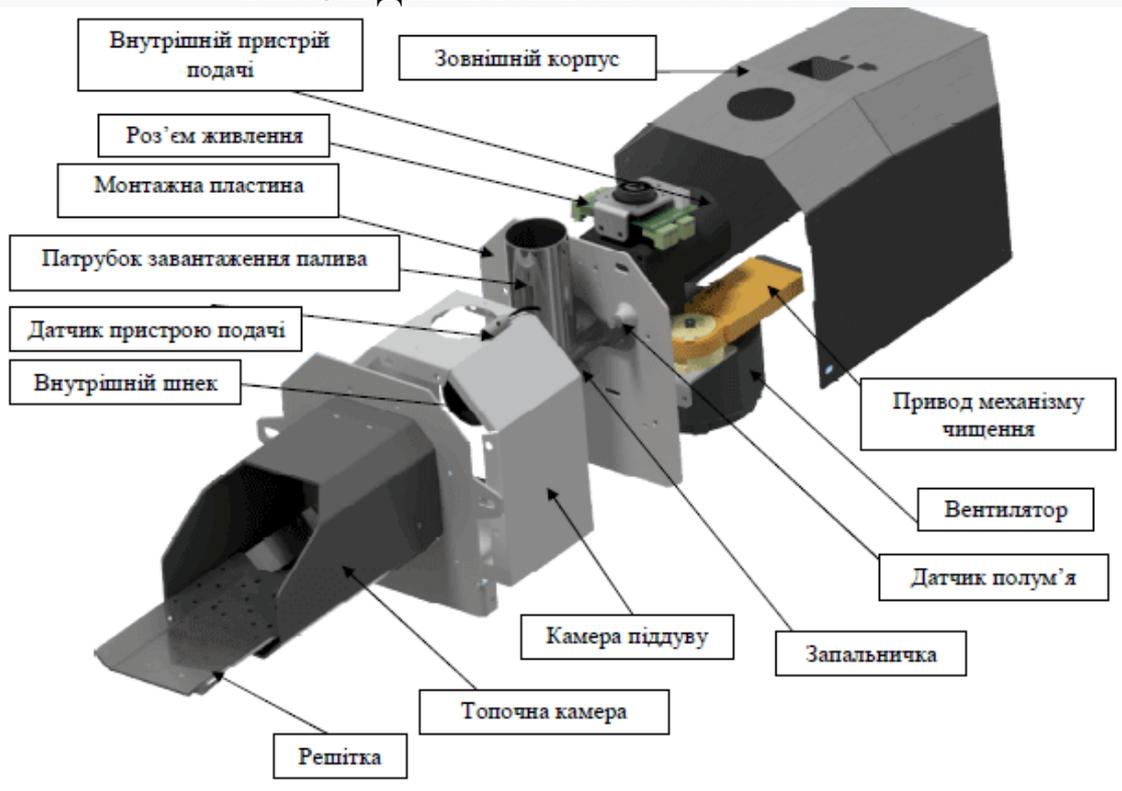


Рис.5.3 Зовнішній вигляд встановленого пальника

### Принцип роботи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-МНТ 11567340

Арк.

87

Процес роботи пальника починається з розпалювання і включає етапи спалювання та підтримки полум'я до повного гасіння і очищення камери згоряння. Зовнішній шнековий пристрій подачі палива забезпечує подачу палива з контейнера до пальника. Розпалювання при першому запуску котла здійснюється вручну, після чого цей процес автоматизується відповідно до налаштувань користувача. Перед розпалюванням здійснюється продування пальника для повного очищення камери топки від залишків палива після попереднього гасіння. Після цього виконується початкове завантаження твердого палива, та в цей час запальничка нагрівається приблизно до 1000 °С, а потік повітря, що нагнітається вентилятором та нагрівається запальничкою, запалює початково завантажене тверде паливо. Після цього встановлений датчик світла (фотоелемент) виявляє світло в камері спалювання і відключає запальничку, одночасно контроллер переходить до режиму «Стабілізація полум'я», метою якого є нагрів і підготовлення пальника до роботи.

Режими роботи пальника залежать від обраного алгоритму, зокрема: модуляція (мінімальна або максимальна потужність), PID (режим роботи за алгоритмом PID), автоматичний режим (повністю автоматична робота). Очищення топки може здійснюватися під час роботи або після гасіння пальника, тип очищення вибирається за допомогою контролера (детальніше в інструкції з експлуатації контролера). Гасіння пальника відбувається автоматично або вручну через контролер (див. інструкцію експлуатації контролера). Процес гасіння полягає в припиненні подачі палива та догорянні залишків палива в топці.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

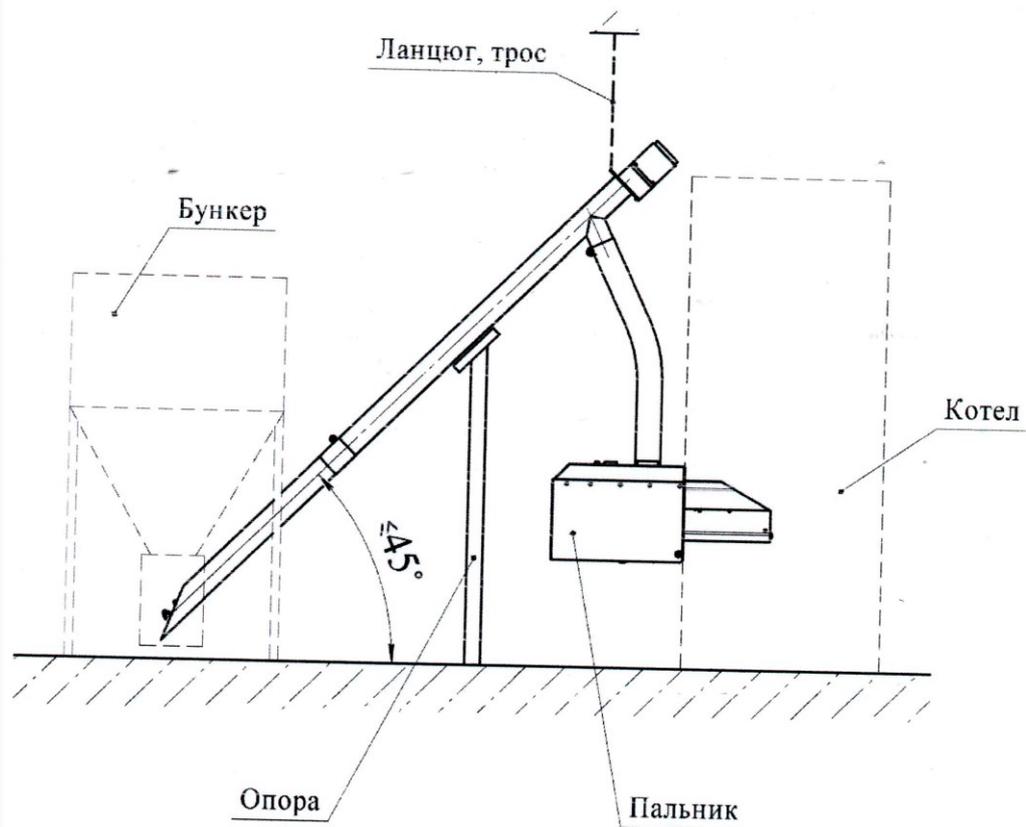


Рис. 5.3. Схема установки пальника, бункера та системи подачі палива

#### 5.4 Підбір котла для спалювання альтернативного палива

Матеріали, що наведені у 1 розділі сформулювали можливість використання двох видів палива для котельні. Перший – це пелети з деревини або лушпиння соняшнику, другий - RDF паливо з твердих побутових відходів.

Кількість котельного обладнання, що перебувають у робочому стані, визначається за відносною величиною допустимого зниження теплового навантаження теплогенеруючої установки в режимі найбільш холодного місяця опалювального періоду при виході з ладу одного з котельних агрегатів:

$$\alpha = Q_{н.х.м.} / Q_{м.р.}, \quad (5.1)$$

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

де  $Q_{н.х.м.}$  – це допустиме зниження теплової потужності теплогенеруючої установки, яка дорівнює її мінімально допустимій потужності в режимі найбільш холодного місяця, МВт

$Q_{м.р.}$  – це максимальна розрахункова тепла потужність ТГУ, МВт.

$$\alpha = 0,1 / 0,95 = 0,1$$

Максимальна розрахункова тепла потужність становить  $Q_{м.р.} = z \times Q_{к.}$ . Тоді число встановлюваних котельних агрегатів визначається з рівності

$(z - 1) Q_{к.А} = Q_{н.х.м.}$ , тобто:

$$z = 1 / (1 - \alpha) \quad (5.2)$$

$$z = 1 / (1 - 0,10) = 1,11.$$

Приймаємо по два робочих котла за видами палива потужністю 800кВт, в якості котлоагрегату вибираємо котли НЕУС. Резервні котли теж приймаємо потужністю 800 кВт. Характеристика котлів наведена в таблиці 5.1.

Для компенсації теплових розширень води в системі тепlopостачання та на котельному обладнанні, передбачається установка розширювальних баків. Котельня обладнана комплексом насосних груп контуру та антиконденсаційними насосами котла.

За паспортними даними для котлів з номінальною теплопродуктивністю, 800 кВт. Кількість води, що циркулює через котел, як видно з таблиць 5.1 та 5.2 складає. Для котлів НЕУС: 800 кВт – 2,3 м<sup>3</sup>.

#### 5.4.1 Підбір обладнання для системи водопідготовки

В даному проекті передбачається установка для пом'якшення води безперервної дії з керуючими клапанами «FLECK» [58].

Особливістю даної установки є встановлення безперервного робочого процесу: поперемінна регенерація (та відновлення іонообмінної ємності

					601-МНТ 11567340	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

смоли) у двох резервуарах; безперервна подача пом'якшеної води; регенерація встановленого фільтруючого матеріалу проводиться в автоматичному режимі за сигналом вбудованого лічильника (за обсягом пропущеної води).

Для досягнення паспортних нормальних властивостей води застосовується двох ступеневе фільтрування. На першій ступені встановлюються тонкі фільтри Na-катіонні, паралельно встановлені, призначені для обробки води з відносно низькою карбонатною жорсткістю. На другому ступені встановлюються паралельно точні фільтри, які призначені для глибокого пом'якшення вихідної води для вловлювання солей жорсткості, що залишились після першого ступеня обробки.

Залишкова жорсткість води після ХВО приймається:

- для рівня першої ступені:  $J_0 = 0,1$  мг-екв/л
- для рівня другої ступені:  $J_0 = 0,01$  мг-екв/л.

Нормальна швидкість фільтрування при жорсткості води до 5-10 мг-екв/л:

- для рівня другої ступені  $W_H = 40$  м/год;
- для рівня першої ступені  $W_H = 15$  м/год.

Швидкість фільтрування води, м/год:

$$W_H = (Q_{Na}) / (f_{Na} \cdot a) \quad (5.3)$$

де:  $Q_{Na}$  – це продуктивність фільтра яку приймаємо 8,2 м<sup>3</sup>/год;  
 $f_{Na}$  – це площа фільтрування натрійкатіонового фільтру 0,248 м<sup>2</sup>;  
 $a$  – це кількість фільтрів, яку приймаємо для першої ступені 1 шт, для другої ступені 1 шт.

Площа фільтрування натрій-катіонного фільтру за формулою, м<sup>2</sup>:

$$f_{Na} = (Q_{Na}) / (W_H \times a) \quad (5.4)$$

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

$$f_{Na1} = 9.0 / (25 \times 1) = 0,34 \text{ м}^2$$

$$f_{Na2} = 9.0 / (40 \times 1) = 0,226 \text{ м}^2$$

Приймаємо фільтр TS 95-21М з площею фільтрування  $f_{Na} = 0,245 \text{ м}^2$ .  
(діаметр вихідного корпусу фільтра становить  $0.785 \times 0,56^2 = 0.245 \text{ м}^2$ .)

Фактичну швидкість фільтрування визначаємо за формулою:

$$W_{H1} = Q_{Na} / (f_{Na} a) = 9,0 / (0,245 \times 1) = 36,57 \text{ м/ч}$$

$$W_{H2} = Q_{Na} / (f_{Na} a) = 9,0 / (0,245 \times 1) = 36,57 \text{ м/ч}$$

Кількість регенерації фільтра на добу:

$$n = \frac{24 J_o Q_{Na}}{f_{Na} a H_{шар} E_p^{Na}} \quad (5.5)$$

де:  $J_o$  – це жорсткість води, яка надходить на фільтри, мг-екв/л,  
приймається в фільтрі першої ступені 5,2 мг-екв/л,

на другій ступені - 0,1 мг-екв/л;

$H_{шар}$  - це висота шару катіоніту, м, для фільтру TS 95-21М  $H_{шар} = 1,62$   
м;

$E_p^{Na}$  – це робоча обмінна здатність катіоніту при натрійкатіонуванню  
води, г-екв/м<sup>3</sup>:

$$E_p^{Na} = \alpha_{Na} \cdot \beta_{Na} \cdot E_n - 0,5 \cdot q_{уд} \cdot J_o, \quad (5.6)$$

де:  $\alpha_{Na}$  – це коефіцієнт ефективності при регенерації, який враховує  
неповну регенерацію катіоніту, та приймається в залежності від питомої  
витрати кухонної солі для регенерації води  $g_s$ , г/г-екв:

для рівня першої ступені  $\alpha_{Na} = 0,74$ , для другої ступені  $\alpha_{Na} = 0,62$ ;

$\beta_{Na}$  – це коефіцієнт зниження обмінної ємності катіоніту по  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$   
внаслідок впливу іонів  $Na^+$ , які містяться у вихідній воді, приймається для  
першої та другої ступені  $\beta_{Na} = 0,88$

					601-МНТ 11567340	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$q_{\text{пит}}$  – це питома витрата води на відмивання фільтрів,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ , приймається для першої ступені  $q_{\text{пит}} = 6 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , для другої ступені  $q_{\text{пит}} = 8 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ;

$E_n$  – це повна обмінна ємність катіоніту,  $\text{г-екв}/\text{м}^3$ , приймається для катіонообмінної смоли  $E_n = 1700 \text{ г-екв}/\text{м}^3$ .

$$E_{\text{Na}_p1}^{\text{Na}} = 0,74 \times 0,88 \times 1700 - 0,5 \times 6 \times 5,2 = 1091,45, \text{ г-екв}/\text{м}^3;$$

$$E_{\text{Na}_p2}^{\text{Na}} = 0,62 \times 0,88 \times 1700 - 0,5 \times 8 \times 0,1 = 927,13, \text{ г-екв}/\text{м}^3.$$

$$n_1 = 24 \times 5,2 \times 4,56 / 0,246 \times 1 \times 1,6 \times 1091,44 = 1,33 \approx 2 \text{ рази};$$

$$n_2 = 24 \times 0,1 \times 4,56 / 0,246 \times 1 \times 1,6 \times 927,12 = 0,0301 \approx 1 \text{ раз}.$$

Витрата 100% кухонної солі на одну регенерацію фільтра,  $\text{кг}$ :

$$Q_{\text{с}}^{\text{Na}} = E_{\text{р}}^{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na}} \cdot H_{\text{сл}} \cdot q_{\text{с}} / 1000 \quad (5.7)$$

де:  $q_{\text{с}}$  – це питома витрата солі на регенерацію,  $\text{г}/\text{г-екв}$ , для рівня першої ступені  $q_{\text{с}1} = 150 \text{ г}/\text{г-екв}$ , для другої ступені  $q_{\text{с}2} = 100 \text{ г}/\text{г-екв}$

$$Q_{\text{с}1}^{\text{Na}} = 1091,44 \times 0,246 \times 1,6 \times 150 / 1000 = 64,42, \text{ кг};$$

$$Q_{\text{с}2}^{\text{Na}} = 927,12 \times 0,246 \times 1,6 \times 100 / 1000 = 36,48, \text{ кг}.$$

Добова витрата технічної солі на регенерацію фільтра,  $\text{кг}/\text{доба}$ :

$$Q_{\text{т.с.1}} = Q_{\text{с}}^{\text{Na}} \cdot n \cdot a \cdot 100 / p \quad (5.8)$$

де:  $p$  – це вміст  $\text{NaCl}$  в технічній солі, %, приймається  $p = 93,51 \%$ .

$$Q_{\text{т.с.1}} = 4,56 \times 2 \times 1 \times 100 / 93,5 = 9,752, \text{ кг}/\text{добу}$$

					601-МНТ 11567340	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{т.с.2} = 4,56 \times 1 \times 1 \times 100 / 93,5 = 4,881, \text{ кг/добу}$$

Витрата кількості води на одну регенерацію фільтра складається з:

а) витрати води на взрхлююче промивання фільтра, м<sup>3</sup>:

$$Q_{взр} = i \cdot f_{Na} \cdot 60 \cdot t_{взр} / 1000 \quad (5.9)$$

де:  $i$  – це інтенсивність промивки фільтра, м<sup>2</sup>, приймається  $i = 4 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  для першої та другої ступені;

$t_{взр}$  – це тривалість зворотної промивки фільтра, хв, приймаємо для рівня першої та другої ступені  $t_{взр} = 20$  хвилин.

$$Q_{взр1} = 4 \times 0,246 \times 60 \times 20 / 1000 = 1,182, \text{ м}^3$$

$$Q_{взр2} = 4 \times 0,246 \times 60 \times 20 / 1000 = 1,182, \text{ м}^3$$

б) витрати кількості води для приготування регенераційного розчину солі, м<sup>3</sup>:

$$Q_{pp} = Q_{Na_c} \cdot 100 / (1000 \cdot b \cdot \rho_{pp}) \quad (5.10)$$

де:  $b$  – це концентрація регенераційного розчину солі, %, приймається для першої ступені  $b = 6,5 \%$ , для рівня другої ступені приймаємо  $b = 10\%$ .

$\rho_{pp}$  – це густина регенераційного розчину, г/мл, приймається для 6,5% розчину  $\rho_{pp1} = 1,0449 \text{ кг}/\text{м}^3$ , для 10% розчину  $\rho_{pp2} = 1,0707 \text{ кг}/\text{м}^3$

$$Q_{pp1} = 4,56 \times 100 / 1000 \times 6,5 \times 1,0449 = 0,072, \text{ м}^3;$$

$$Q_{pp2} = 4,56 \cdot 100 / 1000 \times 10 \times 1,0707 = 0,041, \text{ м}^3.$$

в) витрати кількості води на відмивання катіоніту від продуктів регенерації, м<sup>3</sup>:

					601-МНТ 11567340	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{відм}} = q_{\text{пит}} \cdot f_{\text{Na}} \cdot H_{\text{сл}} \quad (5.11)$$

$$Q_{\text{відм1}} = 6 \times 0,246 \times 1,6 = 2,364, \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{відм2}} = 8 \times 0,246 \times 1,6 = 3,152, \text{ м}^3.$$

г) витрати кількості води на одну регенерацію, м<sup>3</sup>.

$$Q_{\text{CH}}' = Q_{\text{взр}} + Q_{\text{PP}} + Q_{\text{відм}} \quad (5.12)$$

$$Q_{\text{CH1}}' = 1,18 + 0,07 + 2,36 = 3,614, \text{ м}^3;$$

$$Q_{\text{CH2}}' = 1,18 + 0,04 + 3,15 = 4,372, \text{ м}^3.$$

Середньогодинна витрата води на власні потреби, м<sup>3</sup>/год:

$$Q_{\text{CH}}^{\text{ч}} = Q_{\text{CH}}' \cdot n / 24 \quad (5.13)$$

$$Q_{\text{CH1}}^{\text{ч}} = 3,61 \times 1 \times 2 / 24 = 0,313, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$Q_{\text{CH2}}^{\text{ч}} = 4,37 \times 1 \times 1 / 24 = 0,181, \text{ м}^3/\text{год}$$

Час між регенераціями:

$$T_{\text{Na}} = (24/n) - (t_{\text{РЕГ}}^{\text{Na}} / 60) \quad (5.14)$$

де:  $t_{\text{РЕГ}}^{\text{Na}}$  – це час регенерації фільтра, год:

$$t_{\text{РЕГ}}^{\text{Na}} = t_{\text{ВЗР}} + t_{\text{PP}} + t_{\text{відм}}$$

де:  $t_{\text{PP}}$  – це час приготування регенераційної розчину солі, год:

$$t_{\text{PP1}} = Q_{\text{PP1}} \cdot 60 / (W_{\text{PP}} \cdot f_{\text{Na}}) \quad (5.15)$$

					601-МНТ 11567340	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $W_{PP}$  – це швидкість пропуску регенераційного розчину, м<sup>3</sup>/год, приймаємо для рівня першої та другої ступені  $W_{PP} = 3$  м/ч.

$t_{в\text{ідм}}$  – це час відмивання фільтра, год:

$$t_{в\text{ідм}} = Q_{OT} \cdot 60 / (W_{в\text{ідм}} \cdot f_{Na}) \quad (5.16)$$

де:  $W_{в\text{ідм}}$  – це швидкість пропуску промивної води через катіонит, м<sup>3</sup>/год, приймається  $W_{в\text{ідм}} = 6$  м/год.

$$t_{PP1} = 0,07 \times 60 / 3 \times 0,246 = 5,694, \text{ хв};$$

$$t_{PP2} = 0,04 \times 60 / 3 \times 0,246 = 3,253, \text{ хв}.$$

$$T_{в\text{ідм}1} = 2,36 \times 60 / (6 \times 0,246) = 95,932, \text{ хв};$$

$$T_{в\text{ідм}2} = 3,15 \times 60 / (6 \times 0,246) = 128,051, \text{ хв}.$$

$$t_{PEГ1}^{Na} = 20 + 5,69 + 95,93 = 121,623, \text{ хв};$$

$$t_{PEГ2}^{Na} = 20 + 3,25 + 128,05 = 151,31 \text{ хв}.$$

$$T_{Na1} = 24 / 2 - 121,62 / 60 = 9,972, \text{ год};$$

$$T_{Na2} = 24 / 1 - 151,3 / 60 = 21,482, \text{ год}.$$

Кількість одночасно регенеруючих фільтрів, шт:

$$n_{o.p} = \frac{na \frac{t_{рег}^{Na}}{60}}{24} \quad (5.17)$$

$$n_{o.p} = (2 \times 1 \times (121,62 / 60)) / 24 = 0,173, \text{ шт};$$

$$n_{o.p} = (1 \times 1 \times (151,3 / 60)) / 24 = 0,114, \text{ шт}.$$

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

Згідно з паспортними даними фільтру TS 95-21M втрати напору становлять до 6÷8 м.

Для компенсації теплових розширень води в системі тепlopостачання та на котельному обладнанні передбачено встановлення розширювальних баків. Котельня обладнана насосними групами контуру та антиконденсаційними насосами котла.

#### 5.4.2 Підбір насосного обладнання котельні

При прийманні обладнання котельні враховані витрати теплоносія, які були прийняті з таблиці 5.1 та рекомендовані для котлів при роботі на пелетах та RDF паливі для твердих побутових відходів.

##### *Рекомендовані насоси (помпи) в котельні*

Основним робочим насосом котельні є насоси мережі системи опалення та вентиляції, які забезпечують циркуляцію води в тепловій мережі. Вибір насоса здійснюється на основі розрахункових показників витрати води в мережі, враховуючи теплову схему. Мережеві насоси розташовуються на зворотній лінії теплової системи, на якій температура води не перевищує 75 °С.



					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

Рис .5.3 Рекомендована схема встановлення мережевого насосу

Рециркуляційні насоси встановлюють в котельнях з водогрійними котлоагрегатами для повної або часткової подачі гарячої води в трубопровід, який подіє воду в мережі до водогрійних котлів [5 , 59].

*Загальний вибір антиконденсаційних насосів [59].*

Витрати кількості води визначаються за формулою

$$G = 0,3Q / (1,16 \times \Delta T) \text{ (кг/ч)},$$

де Q – це теплове навантаження котла;

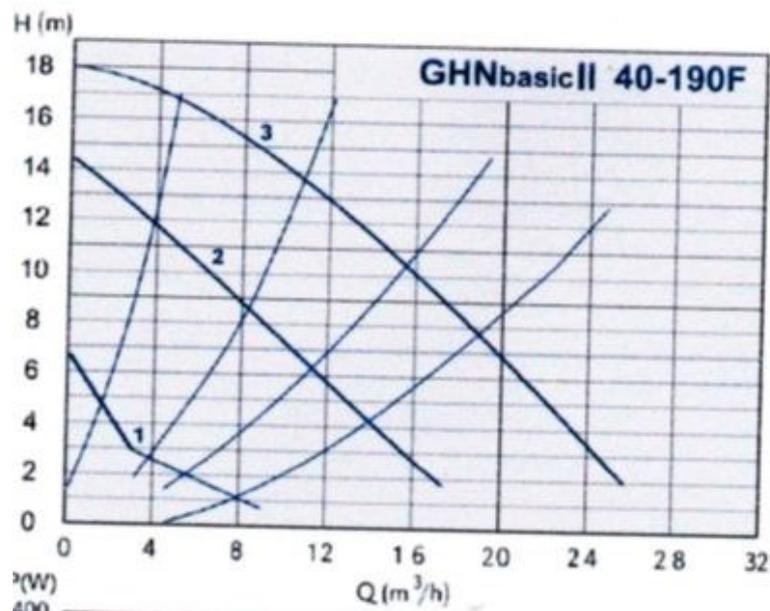
$\Delta T$  – це різниця температур в падаючому та зворотному трубопроводі системи опалення (у стандартних двотрубних системах вона складає до 20 °С; у низькотемпературних до 10 °С);

1,16 – питома теплоємність води (Вт\*ч/кг\*°С).

Якщо в мережі використовується інший теплоносій, у формулу необхідно внести відповідні корективи.

$$G = 0,3 * 1500 / (1,16 * 20) = 19.42 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Приймається IMP Pumps ( Словенія) GHN 40-190 F потужністю 0.66 кВт [59].



										Арк.
										98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340					

Рис. 5.4 Характеристика насосу GHN



Рис. 5.5 Загальний вигляд насосів IMP GHN

Насос IMP GHN 40-190 здатний працювати в декількох діапазонах трьох гідравлічних параметрів. Для цього він оснащений двигуном з трьома швидкостями обертання вала. На фланцевому насосі GHN розташована кнопка за допомогою якої можна змінювати швидкість.

Електричні параметри насосу: Потужність: 670 Вт; Напруга: 3 ~ 380 V

Монтаж і характеристики рідини системи:

- розмір фланця: DN 150
- монтажна довжина: 620 мм
- температурний діапазон рідини системи: -10-120 ° C
- діапазон робочої температури: 0-40 ° C

Матеріали:

Робоче колесо: нержавіюча сталь

Матеріал корпусу: сірий чавун.

Мережевий насос для одного котла:  $G = 1500 / (1,16 * 20) = 64,662 \text{ м}^3 / \text{год.}$

Котловий мережевий насос:  $G = 1000 / (1,16 * 20) = 43,103 \text{ м}^3 / \text{год.}$  Опір котлового мережевого контуру – 3.5 м. Приймається для роботи два паралельно працюючих мережевих насоси IMP Pumps (Словенія) GHN basic

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

50-190 F. Витрати в системі теплопостачання прийняті на основі даних існуючої системи.

Підживлення системи опалення передбачено з внутрішнього водопроводу котельні за допомогою підживлюючого насосу "WILO" МНІ 203 EPDM 3~  
 $G=2,8$  т/час  $H=20,0$  м в. ст.

Діаметри трубопроводів становлять:

$$D = \sqrt{\frac{4G}{3,14 \times V \times 3600}}$$

де  $V=2$  м/сек швидкість потоку котлового контуру мережі:

$$D = (4 \times 19.4 / (3.14 \times 2 \times 3600))^{1/2} = 0,0581 \text{ м. } D = 60 \text{ мм}$$

Антиконденсаційних насосів:

$$D = (4 \times 0.2 \times 19.4 / (3.14 \times 2 \times 3600))^{1/2} = 0,0262 \text{ м. } - D = 30 \text{ мм}$$

Для видалення повітря із системи водопостачання у верхній зоні трубопроводів передбачені повітрязбірники та автоматичні повітровідвідники.

### 5.5 Вказівки по монтажу обладнання. Загальні вимоги

У відповідності до вимог діючого «ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів» [61], після проведення монтажу трубопроводів та обладнання потрібно провести їх випробування на міцність та щільність монтажу. На трубопроводах вказані умовні позначення середовища та напрями потоку, трубопроводи прямої та зворотної мережевої води повинні виконуватися з сталевих електрозварювальних труб за ГОСТ 10707-91. Зливні трубопроводи повинні виконуватися з сталевих водогазопровідних оцинкованих труб згідно ГОСТ 3262-75\*. Усі трубопроводи підлягають обов'язковій теплоізоляції як для прямої так і зворотної мережевої води.

Склад ізоляції: Антикорозійне покриття – олійно-бітумне у два-три шари по ґрунту ГФ-021, ОСТ 6-10-426-79 ГОСТ 25129-82\*. Основний

					601-МНТ 11567340	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплоізоляційний шар – листи мінераловатні прошивні з покривним матеріалом із склотканини ГОСТ 21880-86 – для теплоізоляції трубопроводів  $\phi > 80$ . - шнури теплоізоляційні із мінеральної вати в оплетенні з скляної нитки – для теплоізоляції трубопроводів  $\phi < 80$  ТУ 36-1691-79. Захисне покриття – стрічка алюмінієва ГОСТ 20429-84\*. Неізолзовані трубопроводи фарбуються олійною фарбою за 2-3 рази.

### 5.6 Розрахунок кількості повітря на вентиляцію приміщення котельні

У відповідності до вимог [62] в приміщенні котельні передбачається встановлення природної вентиляції (із кратністю циркуляції 3) - приплив повітря передбачається через ґрати, що розташовані у нижній частині будинку котельні (або у входних дверях), витяжка – встановлюється через встановлюваний на даху будівлі дефлектор типу Д 315.00.000.-03, що виготовляється за серією 5.904-51. Дефлектор установлюється на даху котельні (поза зоною вітрового підпору).

При обсязі котельні до  $240 \text{ м}^3$  кількість повітря, що видаляється, складатиме:

$$V_{\text{вит.}} = 21 \times 12 \times 7.5 = 1890 \text{ м}^3$$

Де  $V$ - це внутрішній обсяг приміщення котельні.

Приплив повітря в котельню повинен компенсувати обсяг витяжки й обсяг повітря, необхідний для горіння палива в котлі

$$V_{\text{гор}} = Q_{\text{ПК}} \times 285.9 = 123 \times 12 = 3431 \text{ м}^3,$$

де  $Q_{\text{ПК}}$  – це витрата палива котлом,

За паспортними даними котла кількість повітря, яка необхідна для горіння 1 кг пелет складає близько  $12 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Обсяг припливного повітря на годину становить

$$V_{\text{пр}} = V_{\text{вит}} + V_{\text{гор}} = 1890 + 3431 \times 2 = 8752 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Площа нерухомих жалюзійних ґрат, через які здійснюється приплив повітря, визначається за наступною формулою

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

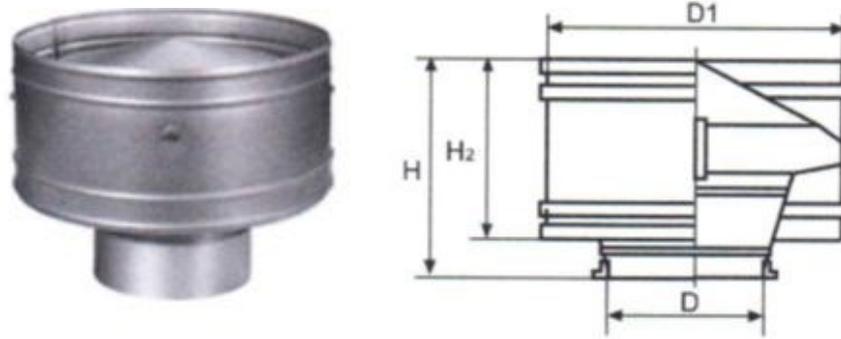
$$F = V_{\text{пр}} / (3600 \times 0,68) = 8752 / (3600 \times 0,68) = 3,5 \text{ м}^2$$

0,68 – це швидкість припливного повітря, м/с.

Проектом передбачаються встановити ґрати перетином  $0.6 \text{ (H)} \times 0.8 = 0.48 \text{ м}$ , що встановлюються у середній частині котельні.

Приймається до встановлення 7 ґрат рівномірно розташованих вздовж двох сторін нашої котельні.

Вентиляція котельної прийнята природна, існуюча що забезпечує трикратний повітрообмін. Приплив повітря в котельню здійснюється через повітро-припливні ґрати, загальнообмінна витяжка з приміщення - через дефлектор Д 315 00 000-09.



Позначення дефлектора	Розміри, мм									Вага, кг
	Д	Д1	Д2	Д3	Д4	Н	Н1	Н2	Н3	
Д315 (Д 315.00.000-00)	315	510	450	365	345	450	260	300	110	8.3
Д900 (Д 710.00.000-02)	900	1758	1500	1100	940	1542	875	1060	402	119.6
Д1000 (Д 710.00.000-03)	1000	2000	1700	1230	1040	1764	1006	1220	458	178.5

Рис. 4.5 Характеристика встановленого дефлектору.

При витраті на один дефлектор до  $1100 \text{ м}^3/\text{год}$  приймається для котельні 8 дефлекторів.

#### Вибір димососів

Для раціонального використання палива та забезпечення стабільної тяги димової труби необхідно визначитись з параметром димососу. Витрати димових газів складають для одного котла приблизно  $286 \times 12 = 3432 \text{ м}^3/\text{год}$ . Приймається димосос радіальний Д 3.5 м з потужністю двигуна 1,1 КВт з блоком автоматичного регулювання тиску для всіх встановлених котлів, оскільки димососи мають широкий діапазон за витратами повітря.

										Арк.
										102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340					

Таблиця. 5.3

Исполнение	Мощность двигателя, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	Производительность 10 <sup>3</sup> м <sup>3</sup> /ч		Полное давление, Па		Масса без двигателя, кг ±5%	Масса с двигателем, кг ±5%
			при max КПД	в рабочей зоне	при max КПД	в рабочей зоне		
1	1,1	1000	2,56	1,1-4,9	377	284-316	52	68
3	1,1	1000	2,56	1,1-4,9	377	284-316	91	107
1	1,5	1500	3,78	1,67-3,78	875	662-875	52	68
3	1,5	1500	3,78	1,67-3,78	875	662-875	91	107
1	2,2	1500	3,91	1,67-5,23	878	662-880	52	71
3	2,2	1500	3,91	1,67-5,23	878	662-880	91	109,5
1	3	1500	3,91	1,67-6,62	878	662-820	52	73
3	3	1500	3,91	1,67-6,62	878	662-820	91	112
1	4	1500	3,91	1,67-7,48	878	662-736	52	82
3	4	1500	3,91	1,67-7,48	878	662-736	91	121

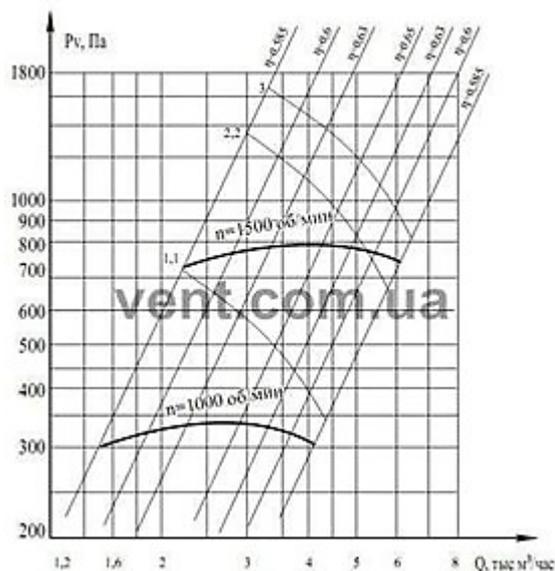


Рис. 5.6 Робоча характеристика димососу Д 3.5

## 5.7 Теоретичний об'єм димових газів.

### Теоретичний об'єм сухого повітря.

Розрахунок проводиться у відповідності до даних [56]. Для повного спалювання 1 кг твердого або рідкого палива теоретично необхідний об'єм повітря, м<sup>3</sup>/кг, розраховується розподілом маси витраченого кисню на спалювання на щільність кисню при нормальних умовах  $\rho_{\text{NO}_2} = 1,429 \text{ кг/м}^3$  і на 0,21, так як в повітрі міститься близько 21% кисню. Робимо допущення, що умови спалювання твердого палива у вигляді пелет та RDF палива будуть приблизно однакові.

$$V_B^0 = 0,0889(C^P + 0,375S_{\text{л}}^P) + 0,265H^P - 0,0333O^P$$

									Арк.
									103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340				

$$V_B^0 = 0,0889(51 + 0,375 \times 0,1) + 0,265 \times 6,1 - 0,0333 \times 42,2 = 4,54 + 1,62 - 1,41 = 4,75 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

*Теоретичний об'єм димових газів.*

При повному спалюванні палива димові гази, які виходять з топки котла, містять: двоокис вуглецю  $\text{CO}_2$ , пари  $\text{H}_2\text{O}$  (які утворюються при спалюванні водню палива), сірчистий ангідрид  $\text{SO}_2$ , азот  $\text{N}_2$  – нейтральний газ, що надійшов в топку з повітрям, азот в складі палива  $\text{N}_2$ , а також кисень надлишкового повітря  $\text{O}_2$ . При неповному спалюванні палива в топці до зазначених елементів додаються ще окис вуглецю  $\text{CO}$ , водень  $\text{H}_2$  та метан  $\text{CH}_4$ . Для зручності підрахунків продукти згоряння поділяються на сухі гази та водяні пари. Обсяг сухих газів приймається за 100%. При повному спалюванні палива склад сухих продуктів згоряння (у відсотках за об'ємом) буде наступний:

$$\text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{O}_2 + \text{N}_2 = 100\%.$$

Газоподібні продукти горіння палива складаються з трьохатомних газів  $\text{CO}_2$  і  $\text{SO}_2$ , суму яких прийнято позначати символом  $\text{RO}_2$ , і двоатомних газів – кисню  $\text{O}_2$  та азоту  $\text{N}_2$ . При повному згоранні рівність буде мати такий вигляд:

$$\text{RO}_2 + \text{O}_2 + \text{N}_2 = 100\%.$$

Обсяг сухих трьохатомних газів знаходимо розподілом мас газів  $\text{CO}_2$  і  $\text{SO}_2$  на їх щільність за нормальних умов. Обсяги газів, що виходять при спалюванні 1 кг палива, визначаємо реакціями горіння та їх виразами в кіломолях:

$$V_{\text{RO}_2} = 1,866 \frac{C^P + 0,375S_{\text{Л}}^P}{100} = 1,866 \times \frac{51 + 0,375 \times 0,1}{100} = 0,95 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$\rho_{\text{CO}_2} = 1,94$  и  $\rho_{\text{SO}_2} = 2,86 \text{ кг/м}^3$  – це щільності двоокису вуглецю і сірчистого газу при нормальних умовах.

Теоретичний об'єм азоту,  $\text{м}^3/\text{кг}$ , який знаходиться в повітрі і паливі:

					601-МНТ 11567340	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{N_2} = 0,79V_B^o + 0,8 \frac{N^P}{100} = 0,79 \times 4,75 + \times \frac{0,6}{1,25 \times 100} = 3,75 + 0,0048 = 3,7548 \text{ м}^3/\text{кг},$$

$V_B^o$  – це теоретичний об'єм повітря, необхідний для горіння; 0,79 – відсотковий вміст N азоту в повітрі за обсягом; 1,25 – щільність N азоту, кг/м<sup>3</sup>.

Теоретичний об'єм водяної пари складається як: обсяг парів, м<sup>3</sup>/кг, отриманих в результаті спалювання водню та випаровування вологи та обсягу водяної пари, що надходять з повітрям:

$$V^o_{H_2O} = 0,111H^P + 0,0124W^P + 0,0161V_B^o \text{ м}^3/\text{кг}.$$

При надлишку повітря  $\alpha > 1$  обсяг водяної пари, м<sup>3</sup>/кг, буде становити:

$$V^0_{H_2O} = V_{H_2O} + 0,0161V_B^o(\alpha - 1)$$

$$V^o_{H_2O} = 0,111 \times 6,1 + 0,0124 \times 6 + 0,0161 \times 4,75(1,3 - 1) = 0,677 + 0,0744 + 0,023 = 0,7744 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Повний обсяг димових газів становить, м<sup>3</sup>/кг:

$$V_{\Gamma} = V_{R_2O} + V_{N_2} + V^o_{H_2O} = 0,95 + 3,7548 + 0,7744 = 5,48 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Кількість димових газів, що проходять через димову трубу за годину, визначаємо за формулою:

$$V = n \times B \times [V_{\Gamma} + (\alpha - 1) \times V_B] \times \frac{Q + 273}{273} \times \frac{760}{b},$$

де n – це кількість котлів, приєднаних до труби, 1 шт.;

B – це розрахункова годинна витрата палива на кожен з котлів, що працюють на:

- Пелетах або RDF паливі при теплотворній спроможності 23,0 кг/годину;
- $\alpha$  – це коефіцієнт надлишку повітря в димовій трубі.

Коефіцієнти надлишку повітря  $\alpha$  прийняті на основі паспортних даних для обладнання та складає 1,3;

$V_{\Gamma}$  – це теоретична кількість димових газів, отриманих при повному згоранні 1 кг палива, м<sup>3</sup>/кг;

										Арк.
										105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340					

$V_v$  – це теоретична кількість повітря, необхідного для згоряння 1 кг палива, м<sup>3</sup>/кг;

$Q$  – температура димових газів в димовій трубі, 160 °С;

$b$  – барометричний тиск повітря, 753 мм рт ст.

$$V = 1 \times 123 \times [5.48 + 4.75 \times (1.3 - 1)] \times (140 + 273) / 273 \times 760 / 753 = 1296,2 \text{ м}^3/\text{год} = 0,36 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Для подальших розрахунків приймаємо значення, збільшене на 10%, для урахування не врахованих в розрахунку витрат. Тобто, кількість димових газів від одного котла буде складати:

$$V = 1296 \times 1.1 = 1425,6 \text{ м}^3/\text{год} = 0,396 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

### 5.8 Характеристика встановленого циклону

Для очищення димових газів від сажі та попелу, які утворюються при спалюванні твердого палива в вигляді пелет, у відповідності до нормативних документів бажано встановлювати пиловловлювачі.

В нашому проекті вибрано циклон типу ЦН-15 с діаметром циліндричної частини 400 мм. (Утилізатор теплоти) - Циклон з вбудованим 2-х ходовим жаротрубним теплообмінником, який застосовується в промисловості для очищення димових газів при спалюванні твердого палива від зважених частинок і механічних домішок та пилу, а також для підігріву повітря за рахунок тепла відхідних газів (охолодження газів).

Робота циклону-утилізатора в системах димовідведення та очищення димових газів як правило показує підвищення ефективності системи на 5-7% (підсумковий ККД системи становить 92%). Незгорілі частки палива через підвищену тягу спрямовуються в димохід, де надмірне накопичення сажі може призвести до займання димоходу і подальшого його руйнування. На рис. 4.7 та 4.8 наведено загальний вигляд циклону (креслення та фото).

Технічні характеристики Циклону-утилізатора МЦ-У-200 (100-200 кВт)

Табл. 4.3

Найменування параметра	Од.	МЦ-У-600
------------------------	-----	----------

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

	вимірювання	
Продуктивність	м.куб./год	2000
Ефективність очищення газів	%	85...98
Коефіцієнт гідравлічного опору		147
Габаритні розміри:		
- довжина	мм	1000
- ширина	мм	1090
- висота	мм	2316
маса комплекту	кг	200

Технічні розміри циклону

Табл. 4.4

Розмір параметра	Розмірність	Розмір
B	мм	1150
B1	мм	644
D	мм	896
H	мм	2960
H1	мм	1200
H2	мм	1830
H3	мм	2100
H4	мм	1730
H5	мм	520
P	мм	281
T	мм	446
P1	мм	156
T1	мм	666
P2	мм	-
N1, N2	мм	40

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

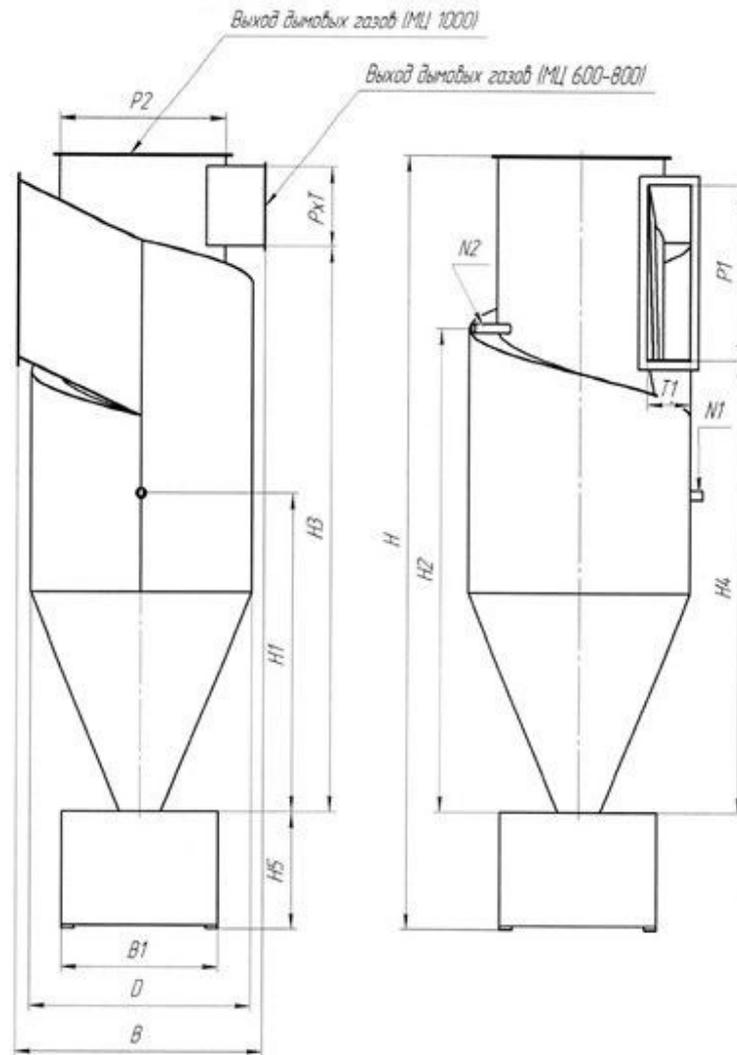


Рис. 4.7 Креслення циклону.

Слід ще раз повторити, що циклон МЦУ крім фільтрації використовується так само і для утилізації зайвого тепла, що знаходиться в димових газах твердопаливних котлів. Такі установки відносяться частково до теплообмінного обладнання. Важливо пам'ятати, що при установці циклону типу МЦУ з твердопаливним котлоагрегатом загальний ККД роботи паливної енергетичної установки підвищується в середньому на 5-8%.

Циклон підбирається за витратами газів та втратами тиску в системі.

### 5.9 Підбір лічильника води

Для визначення діаметру умовного проходу лічильника будемо вибирати виходячи з даних про середньогодинну витрату води за період

										Арк.
										108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ 11567340					

споживання (добу, зміну), що не повинен перевищувати експлуатаційний, і перевіряти відповідно до наступних інструкцій:

а) для пропуску розрахункової секундної максимальної витрати води в мережі, але втрата напору в лічильнику води не повинен перевищувати: 5,0 м - для крильчастих та 2,5 м - для турбінних лічильників води.

б) для пропуску секундної максимальної (розрахункової) витрати води в мережі, але втрата напору в лічильнику не повинна перевищувати 10 м.

Втрата тиску в лічильниках  $h$ , м, при секундній розрахунковій витраті води, л/с, будемо визначати за формулою:

$$h = Sq^2 \quad (5.19)$$

де:  $S$  — це гідравлічний опір лічильника;

$q$  – це секундна витрата води, л/с.

Розрахунок лічильника води зведений в таблицю .5.6

Розрахунок лічильника води

Таблиця 5.5

№п/п	Q, м <sup>3</sup> /год	Позначення	h, м	Примітка
1	67,7	WRH-H-I-100	0,27	Ду100, Ру 1,6МПа
2	21,5	WRH-H-I-65	0,29	Ду65, Ру 1,6МПа
3	17,99	WRH-W-I-50	0,71	Ду50, Ру 1,6МПа
4	17,99	WRH-K-I-50	0,71	Ду50, Ру 1,6МПа
5	3,55	MTNI-40	0,49	Ду40, Ру 1,6МПа
6	4,13	MTWI-25	3,47	Ду25, Ру 1,6МПа
7	1,42	MTKI-25	0,41	Ду25, Ру 1,6МПа
8	5,7	WRH-K-80	0,01	Ду80, Ру 1,6МПа

### 5.10 Підбір мембранного розширювального бака

Визначасмо коефіцієнт розширення рідини в мережі (приріст обсягу в частках або в % при її нагріванні від температури заповнення системи до середньої температури води в мережі):

$$t_{\text{зап}} = 10^{\circ}\text{C};$$

					601-МНТ 11567340	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{cp}=(T_1+T_2)/2=(95+70)/2=82,5 \text{ отже } K_{розш}=0,0308$$

$$t_{cp}=(T_1+T_2)/2=(90+70)/2=80 \text{ отже } K_{розш}=0,0287$$

Визначаємо об'єм розширення за формулою, м<sup>3</sup>:

$$V_{бака} = \frac{V_c K_{розш}}{1 - \frac{P_{min}}{P_{max}}}$$

де:  $V$  – це об'єм системи, м<sup>3</sup>,

$P_{min}$  – це абсолютний тиск газової подушки розширювального бака, атм;

$P_{max}$  – це абсолютна робочий тиск в системі опалення на рівні установки бака.

Для системи опалення становить:

$$V_{бака} = \frac{12000 \times 0,0307}{1 - \frac{1,5}{6,0}} = 491,2, \text{ л.}$$

По даним каталогу приймаємо мембранний розширювальний бак WRV-500, «Wester Heating», Англія.

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

## ВИСНОВКИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Метою нашої магістерської роботи розроблення проекту реконструкції котельні в новому мікрорайоні міста Полтава з можливістю використання альтернативного типу палива на базі місцевих відходів ТПВ. В процесі виконання магістерської роботи було:

1. Виконано огляд та проведено аналіз наукових робіт з питань альтернативних видів палива та класифікацію джерел теплової енергії.

2. Визначено теплотворну здатність відходів ТПВ, та проведено оцінку впливу вологості на спалювання твердих побутових відходів.

3. Виконано розрахунки обсягів утворення твердих побутових відходів у Полтавському регіоні, визначено морфологічний склад та якість відходів ТПВ.

4. Проведено порівняльний аналіз викидів паливоспалюючого обладнання при роботі на різних видах палива.

5. Виконано аналіз котельного обладнання, що працює на альтернативному виді палива, та визначено характеристика котлів, які можуть працювати на альтернативному паливі.

6. Проведено підбір паливоспалюючого обладнання для встановлення в котельній, що працює на альтернативному паливі.

7. Виконано розрахунок кількості повітря на вентиляцію приміщення котельні та проведено підбір вентилятора.

8. Визначено параметри встановленого циклону, для очищення димових газів від твердих суспендованих частинок.

9. Проведено розрахунок та підбір котельного обладнання, такого як: насосне обладнання, мембранний розширювальний бак, система водопідготовки, лічильник води.

Прийняті в проекті рішення вказують на те, що за рахунок діяльності котельні, в якій заплановано проведення реконструкції, не прогнозується збільшення негативного впливу викидів підприємства на здоров'я населення, а

					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111











58- Керуючі клапани FLECK . <https://prom.ua/Upravlyayuschie-klapany-fleck.html>

59. Каталог насосів IMP Pumps ( Словенія) GHN. 2016.

60. Методика підбору циркуляційних насосів.

<https://volar.com.ua/ua/news/metodika-podbora-tsirkuliatsionnyh-nacocov.html>

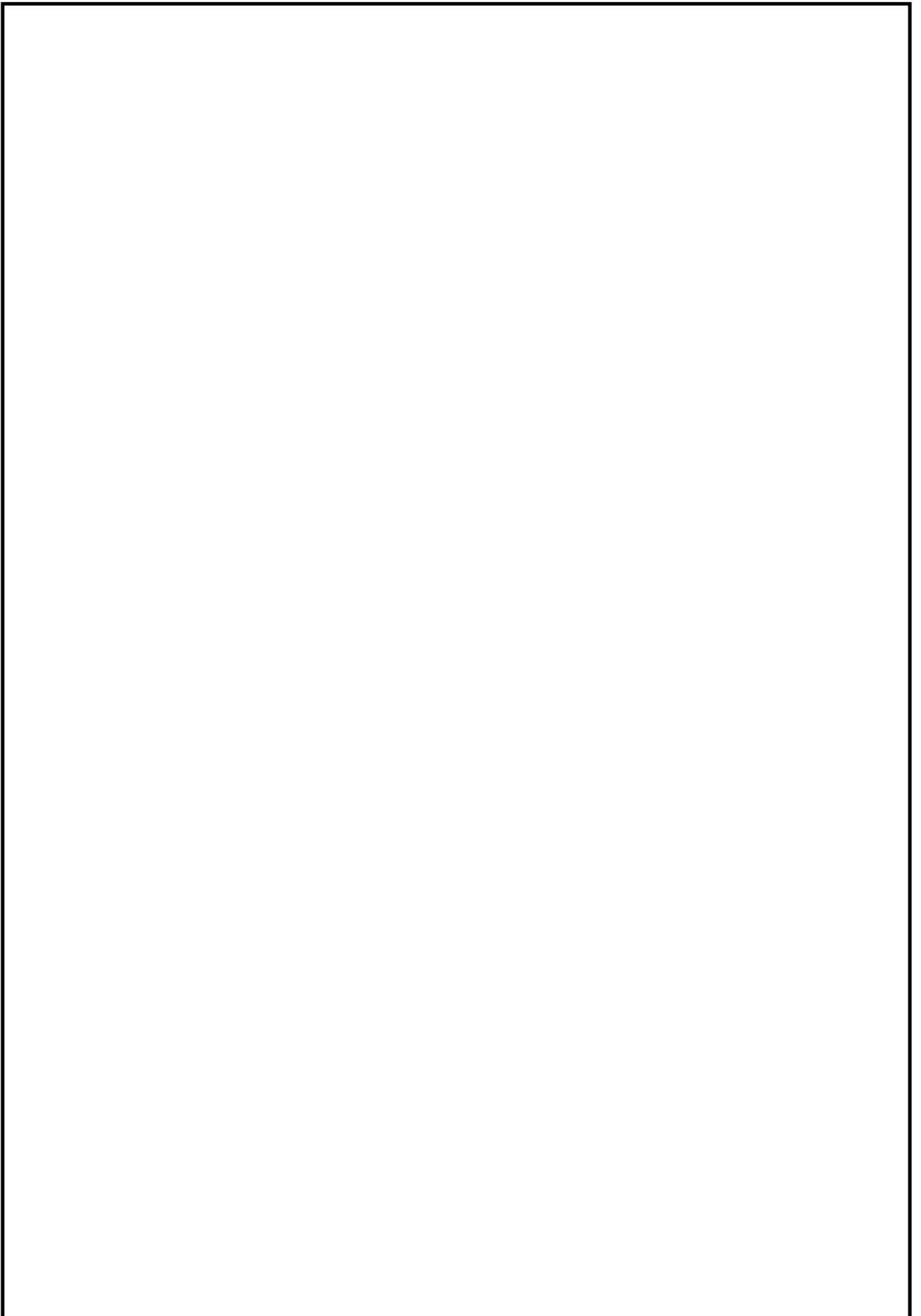
61 ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації. Київ, 2013р. 44с.

62. ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».Київ.2017р.

63. ДБН Б.2.2-12:2019 "Планування і забудова територій".Київ. 2020р.

64. ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі», Київ, 2009р.

					601-МНТ 11567340	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					601-МНТ 11567340	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		118

# АКТУАЛЬНІСТЬ ПОСТАВЛЕНОГО ПИТАННЯ

МЕТА РОБОТИ	Розробити проект реконструкції котельні в новому мікрорайоні міста Полтава з можливістю використання альтернативного типу палива на базі місцевих відходів ТПВ, проаналізувати роботу котлів на альтернативному паливі з точки зору ефективності використання обладнання.
ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	Дослідити різні види палива та визначити можливість використання твердих побутових відходів в якості джерела для альтернативних видів палива в роботі запроєктованої котельні.
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	- Використання різних видів альтернативного палива при спалюванні в котельному обладнанні.
ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ	- Вивчення роботи сучасних видів котельного обладнання при використанні альтернативних видів палива. - Утворення забруднюючих речовин, що виникають при їх спалюванні в котельному обладнанні.
НАУКОВА НОВИЗНА	- Проведення аналізу використання альтернативних видів палива в умовах пошуку оптимального варіанту в складних умовах дефіциту енергоресурсів.
ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ	Робота має практичне значення з точки зору вибору оптимального виду альтернативного палива, яке має найменший негативний вплив на стан забруднення атмосферного повітря окремого району зони житлової забудови.

						МДР 601-МНТ 11567340		
						Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.	№доку	Підпис	Дата	Постановка задачі		
Розробив	Веклич О.А.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник	Голік Ю.С.					МДР	1	11
Перевірив	Голік Ю.С.					Мета роботи. Об'єкт дослідження. Предмет дослідження. Новизна. Практичне значення результатів.		
Зав. кафедрою	Голік Ю.С.					Національний університет "Полтавська політехніка" імені Юрія Кондратюка, кафедра тепло-енергетичної вентиляції та теплоенергетики		

# МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТПВ В ЯКОСТІ ПАЛИВА

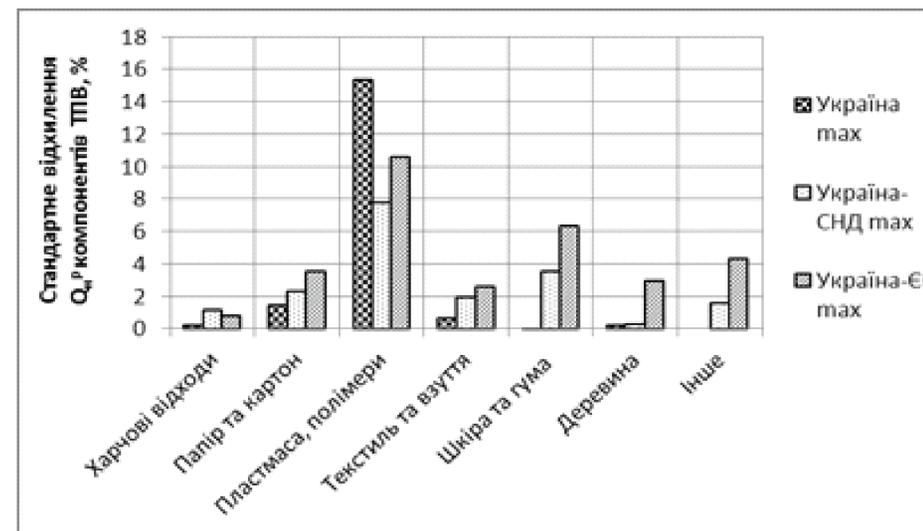
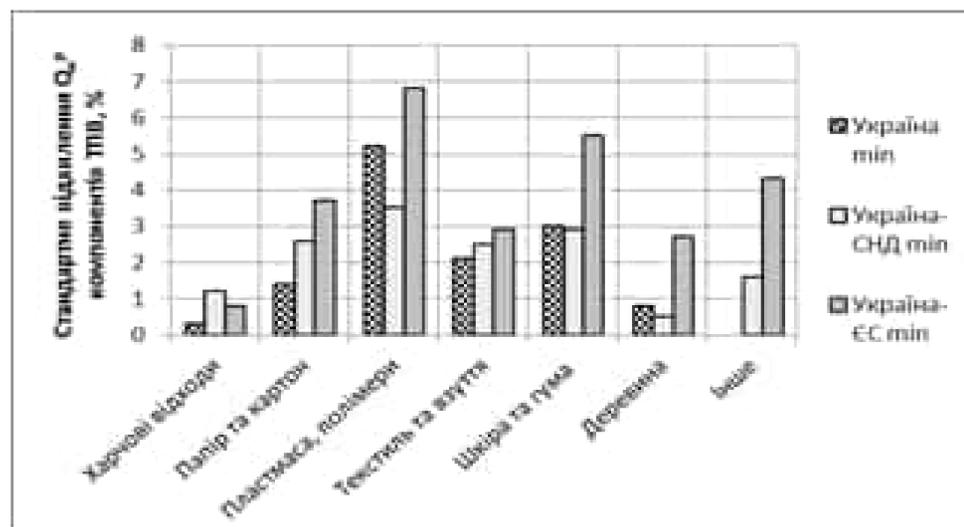
Морфологія та нижча теплотворна здатність компонентів ТПВ

Нижча теплотворна здатність компонентів відходів ТПВ за дослідженнями фахівців України та СНГ

№з/п	Тип компоненту ТПВ	Нижча теплотворна здатність ТПВ, МДж/кг		
		Defra [25]	WR [26]	ISWA[14]
1	Харчові відходи	3.4	1.9	4
2	Папір та картон	10.8	6.4	16
3	Пластик:	-	20.1	35
	- Щільний пластик	26.7	н/д	н/д
	- Полімерна плівка	21.2	н/д	н/д
4	Текстиль та взуття	14.3	11.8	19
5	Несортований залишок горючий	13.9	н/д	н/д
6	Шкіра та гума	н/д	14,3	н/д
7	Деревина	н/д	9.3	н/д
8	Садово-паркове сміття	4,6	н/д	н/д
9	Підгузники та засоби санітарної гігієни	5.4	н/д	н/д
10	Дрібний змет	2,5	2,6	н/д
11	Інше	н/д	н/д	11

№ з/п	Тип компоненту ТПВ	Нижча теплотворна здатність тпв, МДж /кг					
		Дослідження України			Дослідження ЄС		Дослідж. Казахстан [ 18 ]
		[15]	[16]	[17]	[13 ]	[19 ]	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Харчові відходи	3.1-3.8	3.5	3.5-4.0	5.3	3.4	3.3
2	Папір та картон	7.5-11.5	9.6	14.0-15.0	12.9	9.5	9.9
3	Пластмаса , полімери	17-46.0	24.4	27.0-28	26.3	24.4	24.4
4	Текстиль	12.1-14.2	15.0	14.0-15.0	18.7	15.7	15.7
5	Шкіра, гума	20.9-25.1	25.2	23-24	н/д	25.8	25.8
6	Деревина	13.4-14.2	14.5	14-15	н/д	14.5	14.5
7	Відсів менше Ніж 16мм	н/д	3.1	н/д	7.04	4.6	4.6
8	Зола, шлак	н/д	н/д	н/д	н/д	8.7	н/д
9	Інше	н/д	н/д	н/д	н/д	18.1	н/д

Стандартне відхилення нижчої теплотворної здатності компонентів відходів ТПВ за дослідженнями фахівців України, та в порівнянні з дослідженнями фахівців країн СНД та ЄС.



МДР 601-МНТ 11567340					
Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава					
Зм.	Кільк.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Розробив	Веклич О.А.				
Керівник	Голік Ю.С.				
Перевірив	Голік Ю.С.				
ТПВ як паливо					МДР 2 11
Морфологія компонентів ТПВ					Нижча теплотворна здатність
Національний університет «Полтавський колегіум» кафедра тепло-газозабезпечення, вентиляції та теплотехніки					Аліплан 2011

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІДХОДІВ ТПВ ГРОМАД ПОЛТАВСЬКОГО РАЙОНУ

Характеристика морфологічного складу твердих побутових відходів (ТПВ), прийнята для Полтавського кластеру

Обсяги твердих побутових відходів (ТПВ) за морфологічним (компонентним) складом для 24 територіальних громад Полтавського кластеру

№ п/п	Назва компоненту проби	Морфологічний склад ТПВ для територіальних громад (ТГ) різних типів, %					
		ТГ міського типу з переважанням БПЖС*		ТГ міського типу з переважанням ПЖС**		ТГ селищного й сільського типу з ПЖС**	
		діапазон вмісту компонента	прийняте значення	діапазон вмісту компонента	прийняте значення	діапазон вмісту компонента	прийняте значення
1	Органічні відходи (овочі, фрукти, відходи садівництва тощо)	29,0 ÷ 49,3	39,2	32,76 ÷ 40,18	36,5	19,3 ÷ 35,0	27,2
2	Папір і картон	5,7 ÷ 9,0	7,35	5,63 ÷ 11,0	8,32	1,2 ÷ 1,4	1,3
3	Полімери (пластик, пластмаси)	6,2 ÷ 13,0	9,6	4,25 ÷ 12,06	8,16	1,4 ÷ 7,0	7,0
4	Скло	7,8 ÷ 15,0	11,4	4,08 ÷ 6,0	5,04	5,4 ÷ 24,0	10,0
5	Метали (чорні, кольорові)	0,8 ÷ 2,2	1,5	1,55 ÷ 4,25	2,9	0,9 ÷ 3,8	2,0
6	Текстиль	2,9 ÷ 3,5	3,2	2,63 ÷ 3,6	3,11	0,1 ÷ 2,1	1,0
7	Дерево	0,28 ÷ 0,4	0,34	0,75 ÷ 0,88	0,82	0,5 ÷ 1,6	1,05
8	Небезпечні відходи (батарейки, сухі та електролітичні акумулятори, тара від розчинників, фарб, ртутні лампи, телевізійні кінескопи тощо)	0,48 ÷ 0,7	0,59	0,0 ÷ 1,0	0,5	0,0 ÷ 0,7	0,5
9	Кістки, шкіра, гума	0,53 ÷ 1,8	1,1	0,98 ÷ 1,12	1,05	0,1 ÷ 3,1	1,5
10	Залишок твердих побутових відходів після вилучення компонентів (дрібно будівельне сміття, каміння, вуличний змет тощо)	24,61 ÷ 27,0	25,72	31,16 ÷ 34,19	33,6	37,0 ÷ 55,4	48,9
<b>Загальна маса проби ТПВ</b>			<b>100</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

№ ТГ згідно заг. списку	Назва територіальної громади	Прогнозований загальний обсяг ТПВ*, тонн	Вміст компонентів у загальній масі ТПВ, %														
			Обсяг компонентів ТПВ, тонн														
			Органічні відходи	Папір, картон	Пластик	Скло	Метал (чорний, кольоровий)	Текстиль	Дерево (прес, стружка, шматки дерева)	Небезпечні	Кістки, шкіра, гума	Мінерали, невеликі част., інше					
<b>ТГ міського типу з переважанням БПЖС</b>																	
			39,2	7,35	9,6	11,4	1,5	3,2	0,34	0,59	1,1	25,72					
<b>Всього: Полтавська</b>			<b>85254,4</b>	<b>33419,7</b>	<b>6266,2</b>	<b>8184,4</b>	<b>9719,0</b>	<b>1278,8</b>	<b>2728,1</b>	<b>289,9</b>	<b>503,0</b>	<b>987,8</b>	<b>21877,4</b>				
<b>ТГ міського типу з переважанням ПЖС</b>																	
			36,5	8,32	8,16	5,04	2,9	3,11	0,82	0,5	1,05	33,6					
<b>Всього:</b> Зіньківська, Карлівська, Кобеляцька, Решетилівська			<b>46738,44</b>	<b>17059,5</b>	<b>3888,6</b>	<b>3813,9</b>	<b>2355,6</b>	<b>1355,4</b>	<b>1453,6</b>	<b>383,3</b>	<b>233,7</b>	<b>490,8</b>	<b>15704,04</b>				
<b>ТГ селищного й сільського типу з ПЖС</b>																	
			27,2	1,3	7,0	10,0	2,0	1,0	1,05	0,5	1,5	48,9					
<b>Всього:</b> Опішнянська, Ланнівська, Мартинівська, Білицька, Котелевська, Диканська, Великорублівська, Машівська, Михайлівська, Новосанжарська, Драбнівська, Нехворощанська, Коломацька, Мачухівська, Новоселівська, Терешківська, Щербанівська, Чутівська, Скороходівська			<b>212473,24</b>	<b>72369,9</b>	<b>11201,05</b>	<b>17631,9</b>	<b>20122,6</b>	<b>4243,8</b>	<b>4986,5</b>	<b>1518,2</b>	<b>1139,1</b>	<b>2685,8</b>	<b>76574,29</b>				
<b>УСЬОГО</b>			<b>212473,24</b>	<b>72369,9</b>	<b>11201,05</b>	<b>17631,9</b>	<b>20122,6</b>	<b>4243,8</b>	<b>4986,5</b>	<b>1518,2</b>	<b>1139,1</b>	<b>2685,8</b>	<b>76574,29</b>				

\* – прогнозований обсяг ТПВ із умови забезпечення 90% охоплення послугою із збирання ТПВ населення громад, крім 6 громад Полтавського субрегіону (Полтавської, Коломацької, Мачухівської, Новоселівської, Терешківської, Щербанівської) – для них планується забезпечення 100% охоплення послугою із збирання ТПВ населення.

Характеристика теплотворної здатності та вологості твердих побутових відходів (ТПВ), що утворюються на території Полтавської громади та м. Полтави

Характеристика теплотворної здатності твердих побутових відходів (ТПВ), утворених в різного типу громадах

№ п/п	Назва компоненту проби	Показники твердих побутових відходів для Полтавської громади, зокрема м. Полтава*					
		Вміст компоненту у загальній масі ТПВ, %	Теплотворна здатність компонентів ТПВ, МДж/кг		Вміст вологи у загальній масі ТПВ (вологість), %	Вміст вологи у загальній масі ТПВ (вологість), %	
			Діапазон	Прийнята		Кількість теплоту від спалювання МДж/кг	Розрахункова
1	Органічні відходи (овочі, фрукти, відходи садівництва тощо)	39,2	3.1-4.0	3.5	1.372	50-80	70
2	Папір і картон	7,35	7.5-15	9.5	0.70	4-1-	6
3	Полімери (пластик, пластмаси)	9,6	17-46	25.0	2.25	1-4	2
4	Скло	11,4	-	-	-	1-4	2
5	Метали (чорні, кольорові)	1,5	-	-	-	2-4	2
6	Текстиль	3,2	12.1-15	15.0	0.48	8-15	10
7	Дерево	0,34	13.4-15	14.5	0.049	15-40	20
8	Небезпечні відходи (батарейки, сухі та електролітичні акумулятори, тара від розчинників, фарб, ртутні лампи, телевізійні кінескопи тощо)	0,59	3.1	3.1	0.0182		8
9	Кістки, шкіра, гума	1,1	20.9-25.1	25.1	0.276	8-12	10
10	Залишок твердих побутових відходів після вилучення компонентів (дрібно будівельне сміття, каміння, вуличний змет тощо)	25,72	-	-	-	15-20	15
<b>Загальна показник</b>		<b>100%</b>			<b>5,1452 МДж/кг (1228,9 ккал/кг)</b>		

\* - обсяг побутових відходів Полтавської громади становить 83% від обсягів Полтавського підкластеру (субрегіону – 6 громад) та 40% від обсягів повного Полтавського кластеру (24 громади).

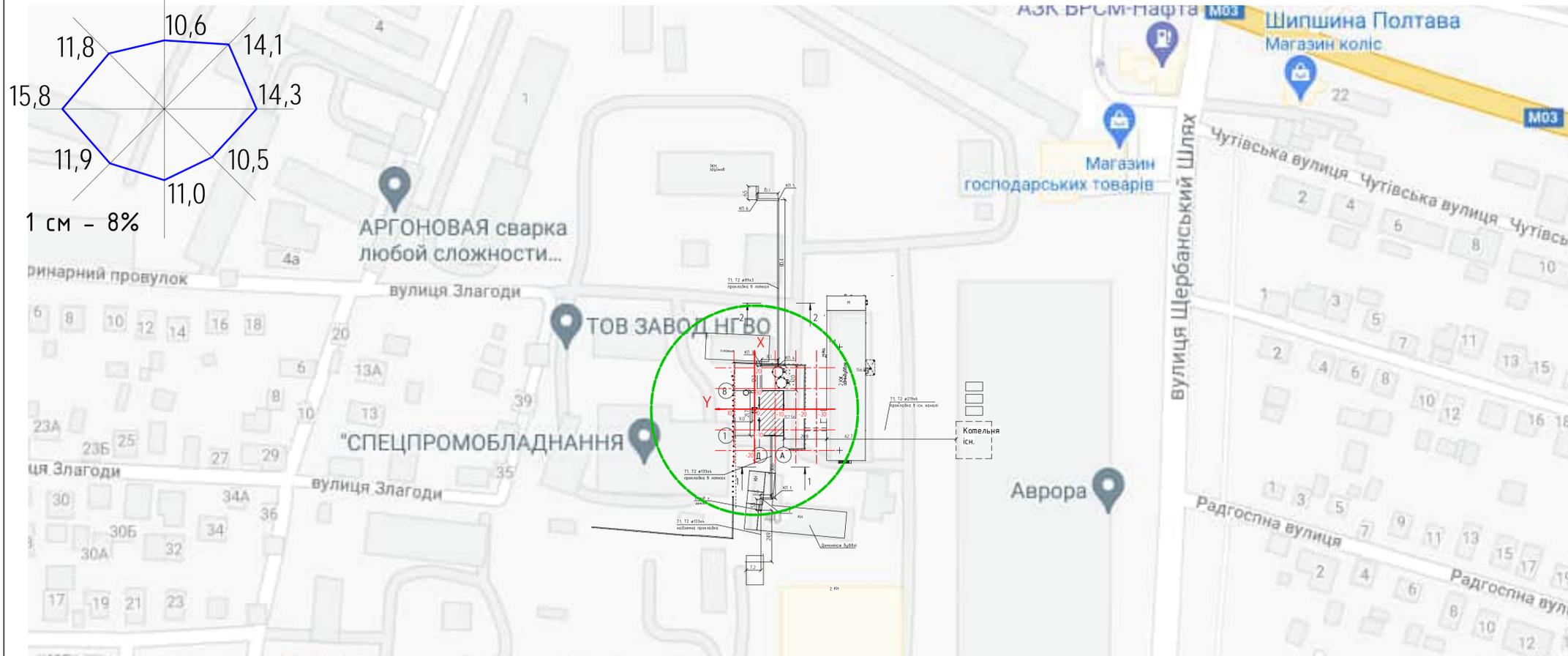
№ п/п	Назва компоненту проби	Прийняте значення теплотворної здатності компонентів ТПВ, МДж/кг	Морфологічний склад ТПВ для територіальних громад (ТГ) різних типів, %					
			ТГ міського типу з переважанням БПЖС*		ТГ міського типу з переважанням ПЖС**		ТГ селищного й сільського типу з ПЖС**	
			прийняте значення	Кількість теплоту від спалювання МДж/кг	прийняте значення	Кількість теплоту від спалювання МДж/кг	прийняте значення	Кількість теплоту від спалювання МДж/кг
1	Органічні відходи (овочі, фрукти, відходи садівництва тощо)	3.5	1.372	39,2	36,5	1.277	27,2	0.952
2	Папір і картон	9.5	0.70	7,35	8,32	0.79	1,3	0.124
3	Полімери (пластик, пластмаси)	25.0	2.25	9,6	8,16	2.04	7,0	1.75
4	Скло	-	-	11,4	5,04	-	10,0	-
5	Метали (чорні, кольорові)	-	-	1,5	2,9	-	2,0	-
6	Текстиль	15.0	0.48	3,2	3,11	0.467	1,0	0.15
7	Дерево	14.5	0.049	0,34	0,82	0.119	1,05	0.152
8	Небезпечні відходи	3.1	0.0182	0,59	0,5	0.0155	0,5	0.0155
9	Кістки, шкіра, гума	25.1	0.276	1,1	1,05	0.264	1,5	0.377
10	Залишок твердих побутових відходів після вилучення компонентів (дрібно будівельне сміття, каміння, вуличний змет тощо)	-	-	25,72	33,6	-	48,9	-
<b>Загальна маса проби ТПВ</b>		<b>100</b>	<b>5,1452 МДж/кг (1228,9 ккал/кг)</b>	<b>100</b>	<b>4,9725 МДж/кг (1187,6 ккал/кг)</b>	<b>100</b>	<b>3,521 МДж/кг (840,8 ккал/кг)</b>	

МДР 601-МНТ 11567340										
Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава										
Зм.	Кільк.	Арх.	№док.	Підпис	Дата					
Розробив	Веклич О.А.					Характеристика відходів ТПВ		Стадія	Архив	Архив
Керівник	Голік Ю.С.					Полтавського району		МДР	3	11
Перевірив	Голік Ю.С.					Морфологія компонентів ТПВ		Нижча теплотворна здатність		
Національний університет "Полтавська політехніка" імені Юрія Кошаровського, кафедра тепло-газозабезпечення, вентиляції та теплотехніки										
Зав. кафедри Голік Ю.С.										

РОЗА ВІТРІВ  
ПН

СИТУАЦІЙНА КАРТА-СХЕМА РАЙОНУ РОЗТАШУВАННЯ  
ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ, М 1:1250

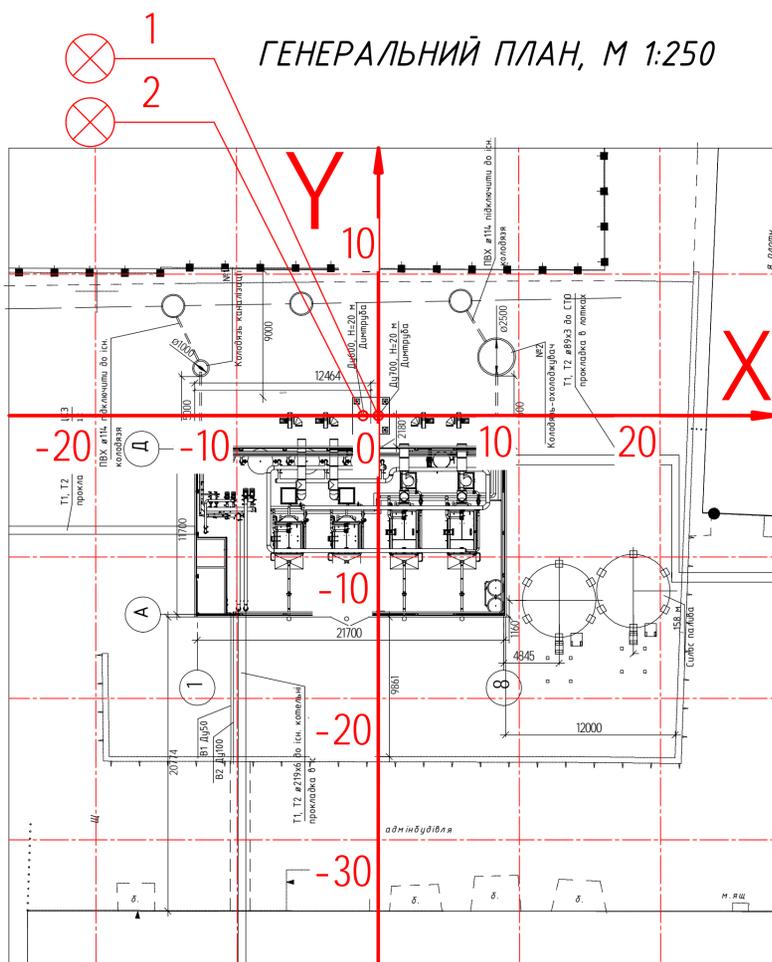
ВІДОМІСТЬ КРЕСЛЕНЬ



Аркуш	Найменування	Примітки
1.	Постановка задачі	
4.	Загальні дані. Роза вітрів. Ситуаційна карта-схема району розташування об'єкту проектування. Умовні позначення. Генеральний план. Відомість креслень.	
5.	Схеми подачі RDF-палива та деревних пелет в котельню. Ситуаційний план місця розташування полігону ТПВ.	
6.	План на позначці ±0,000. Розрізи 1-1, 2-2 М 1:75. Експлікація обладнання. Вигляд димової труби	
7.	Тепломеханічні рішення котельні. План на позначці ±0,000. Розріз 1-1 М 1:50. Розріз 5-5 М 1:25. Експлікація обладнання.	
8.	Тепломеханічні рішення котельні. План на позначці ±0,000. Розрізи 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 М 1:75. Розріз 6-6 М 1:25. Експлікація обладнання.	
9.	Тепломеханічна схема котельні	
10.	Котли "НЕУС-Т". Технічні характеристики котлів. Вигляд котлів. Габаритні розміри та внутрішня будова котла. Зовнішній вигляд та основні елементи котла. Характеристика палива	
11.	Висновки	

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН, М 1:250



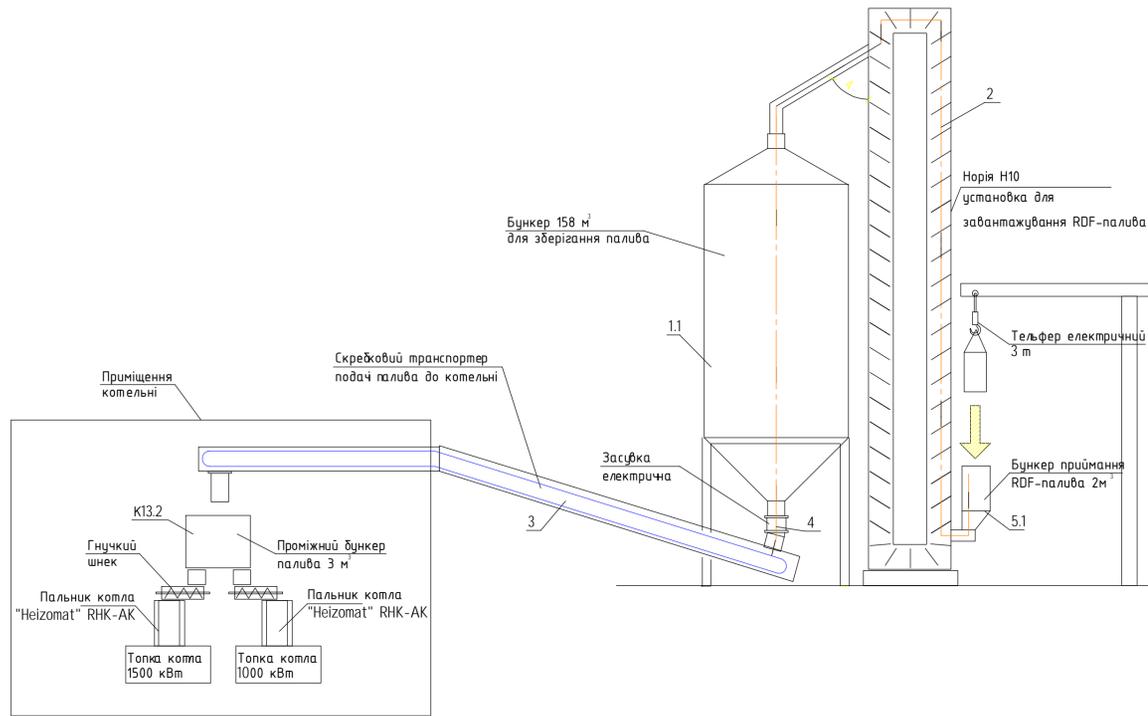
- Дані креслення розроблені на основі вихідних даних:
  - завдання на проектування;
  - геодезичної зйомки;
  - матеріалів обстеження на місці.
- При проектуванні використані наступні документи:
  - ДБН В25-39 "Теплобі мережі",
  - Р - НПАДП 000-482-18 "Правила охорони праці під час експлуатації обладнання що працює літ тиском".
- Джерелом теплопостачання є проєктована котельня.
- Трубопроводи у відповідності з НПАО 0200-187-18 відносяться до IV категорії, I-ї групи.
- Теплові навантаження:
  - існуючий ІТП офісно-складських приміщень опалення - 3,0 МВт;
  - ЦКЗ - опалення - 1,2 МВт;
  - СТО - опалення - 0,3 МВт;
  - перспектива - опалення - 05, МВт.
 Загальне теплове навантаження - 5,0 МВт.
- Розрахунковий температурний графік роботи (зимовий період) опалення -. 85-65 °С.
- Тиск в трубопроводах теплової мережі:
  - трубопровід, що подає, - 0,35 МПа
  - зворотній трубопровід - 0,15 МПа..
- Трубопроводи тепломережі прокладаються підземно у лотках.
- Для компенсації теплових подовжень служать кути повороту трубопроводів.
- Трубопроводи монтуються з сталевих електрозварних труб в поліетиленовій оболонці.
- Всі трубопроводи попередньо теплоізолювані.
- Злив води з тепломереж здійснюється в напрямках котельні.
- Відвід продуктів загоряння здійснюється через спільну димову трубу для котлів 1000 кВт Ду600 мм - 1 шт., та спільну димову трубу для котлів 1500 кВт Ду700 - 1 шт. Висота димових труб - 20 м. Димові труби виконуються з секцій заводського виконання, що кріпляться на металевому каркасі.
- Котельня працює з обслуговуючим персоналом.
- Паливом для котельні служить деревна пелета теплотворною здатністю 4100 ккал/кг та RDF-паливо - 2000 ккал/кг.
- Передбачене водопостачання котельні підземним водопроводом для підживлення тепломережі та внутрішнього пожежогасіння.
- Виробничі стоки від котельні відводяться в існуючу каналізацію на майданчику.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

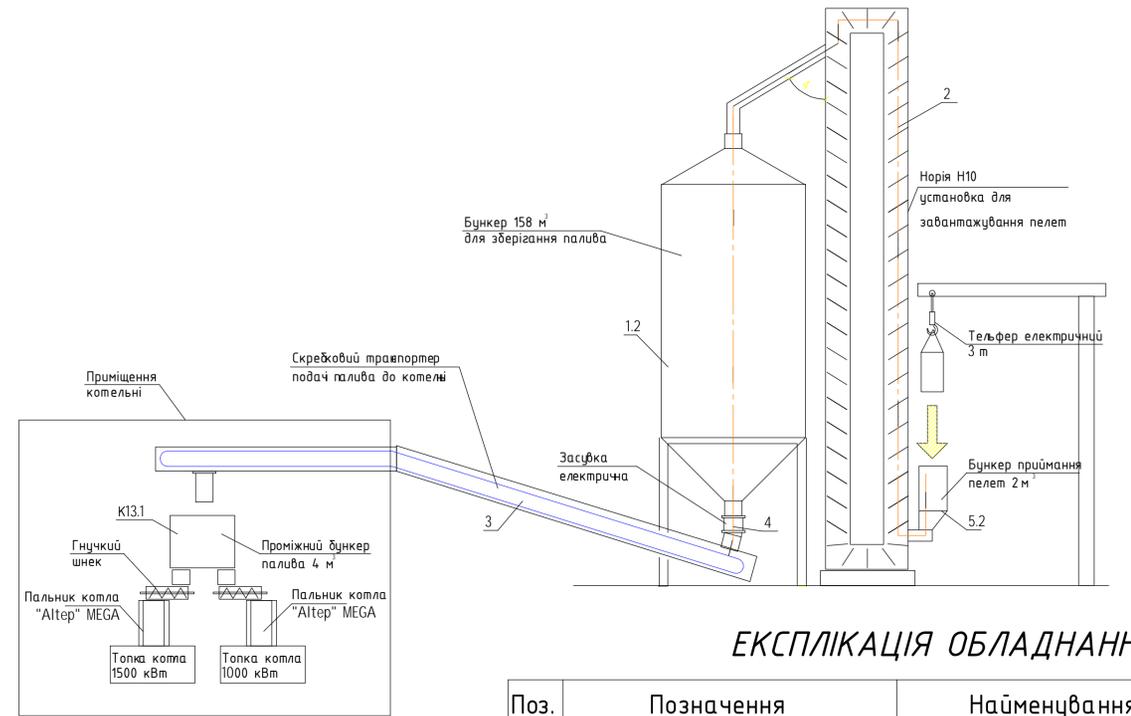
- територія майданчику
- координатна сітка
- організоване джерело викиду
- межа санітарно-захисної зони (50 м)

МДР 601-МНТ 11567340				
Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава				
Зм.	Кільк.	Арк.	№доку	Підпис
Розробив	Веклич О.А.			
Керівник	Голік Ю.С.			
Перевірив	Голік Ю.С.			
Загальні дані		Стадія	Аркуш	Аркушів
		МДР	4	11
Роза вітрів. Ситуаційна карта-схема району розташування об'єкту проектування. Умовні позначення. Генеральний план. Відомість креслень. Загальні дані.				
Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра тепло-енергетична, вентиляції та теплотехніки				
Авт. кафедр: Голік Ю.С.				

### СХЕМА ПОДАЧІ RDF-ПАЛИВА



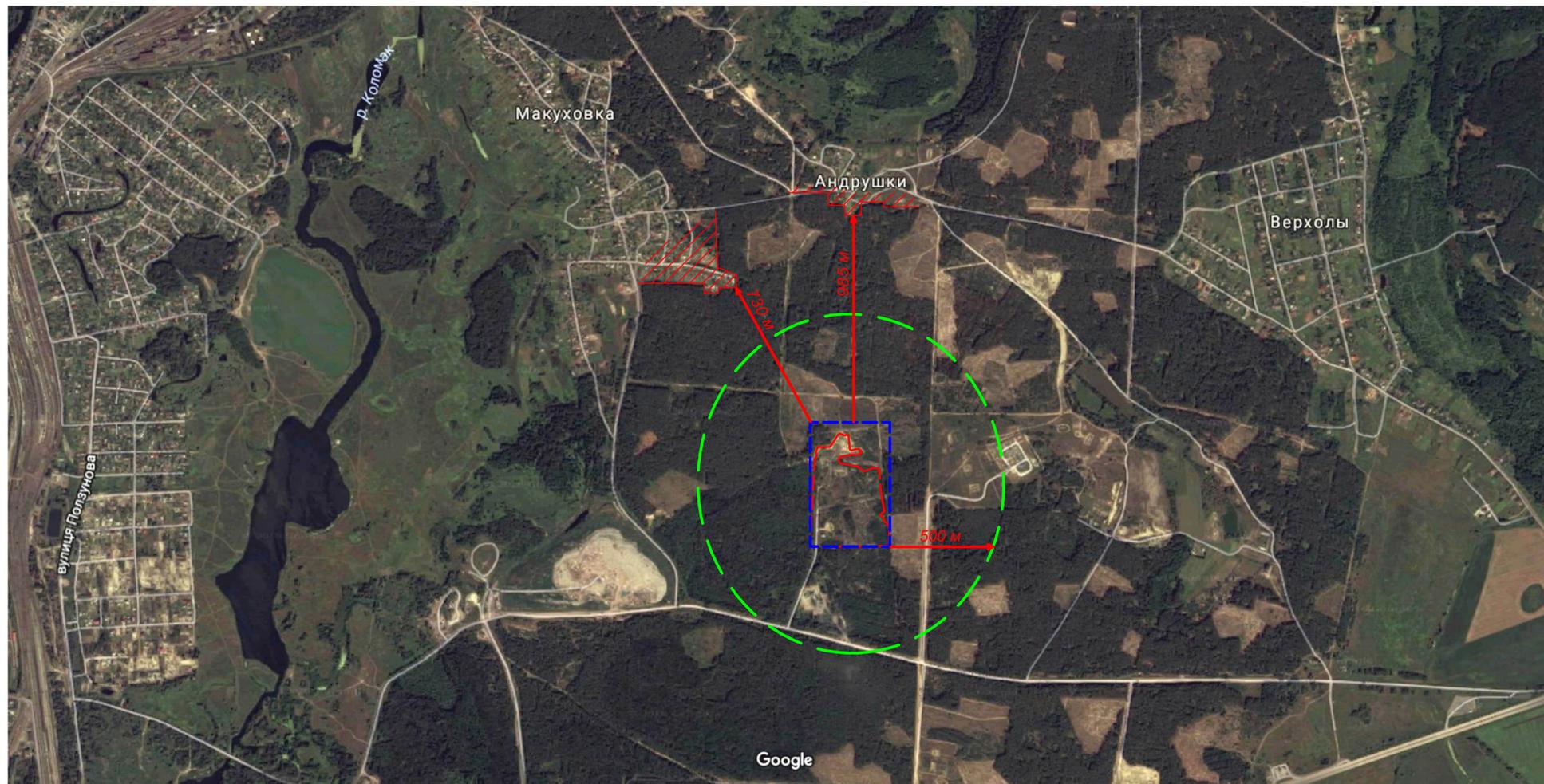
### СХЕМА ПОДАЧІ ДЕРЕВНИХ ПЕЛЕТ



### ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.
K1.1	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.2	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.3	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.4	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
1.1	Бункер V=158 м³ для зберігання RDF-палива		1
1.2	Бункер V=158 м³ для зберігання пелет		1
2	Норія стрічкова (цепна) ковшова продуктивність 25 т/годину		2
3	Скребковий конвейер продуктивністю 20 т/годину		2
4	Засувка електрична		2
5.1	Бункер прийому RDF-палива V=2 м³		1
5.2	Бункер прийому пелет V=2 м³		1
6	Гнучкий шнек		4
K12.1	KVIT OPTIMA M, 1500 кВт	Пелетний паливник	1
K12.2	KVIT OPTIMA M, 1000 кВт	Пелетний паливник	1
K13.1	БПЛ-4000, V=4 м³	Бункер пелет	1
K13.2	БПЛ-3000, V=3 м³	Бункер RDF-палива	1
K14.1	ЦН-15-400уп	Циклон	2
K14.2	ЦН-15-400	Циклон	2

### СИТУАЦІЙНИЙ ПЛАН МІСЦЯ РОЗМІЩЕННЯ ПОЛІГОНУ ТПВ

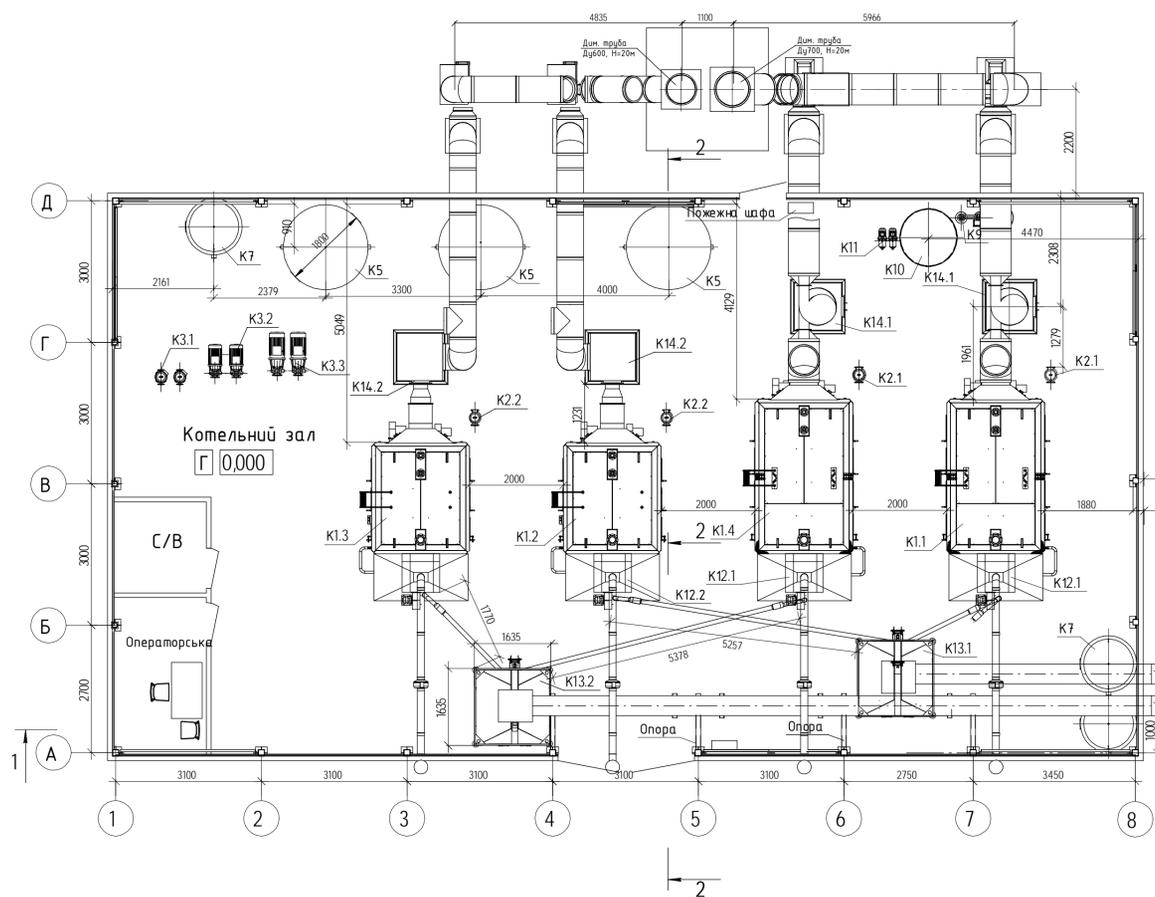


### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

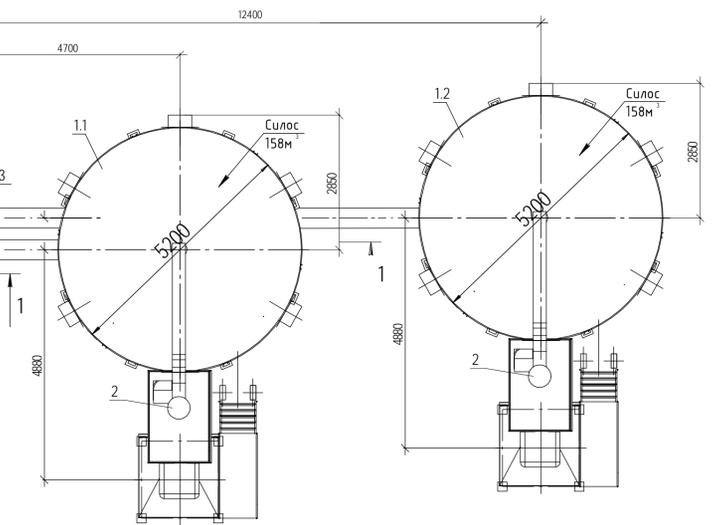
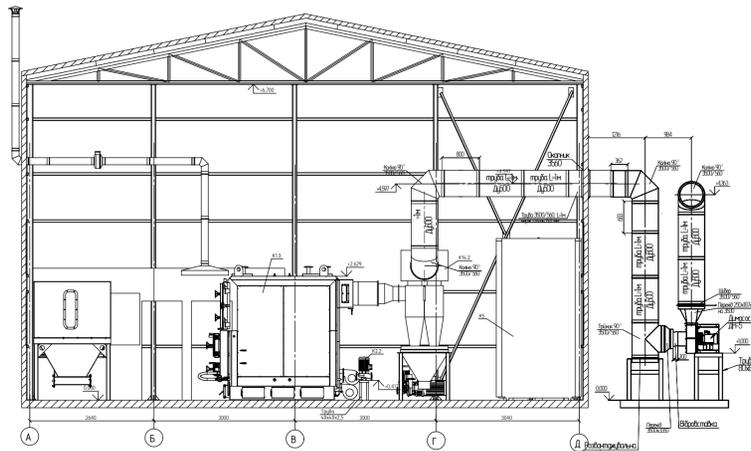
- - Границі існуючої земельної ділянки полігону ТПВ (8,4 га)
- - Нормативна Санітарно-захисна зона (500 м)
- - Загальна необхідна площа полігону ТПВ (12,0 га)
- Границя житлової забудови

				<b>МДР 601-МНТ 11567340</b>		
<i>Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава</i>						
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	Стадія
Розробив	Веклич О.А.					Аркуш
Керівник	Голік Ю.С.					Аркушів
Перевірив	Голік Ю.С.					МДР 5 11
Зав. кафедри Голік Ю.С.						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» кафедра тепло-енергетичної вентиляції та теплотехніки

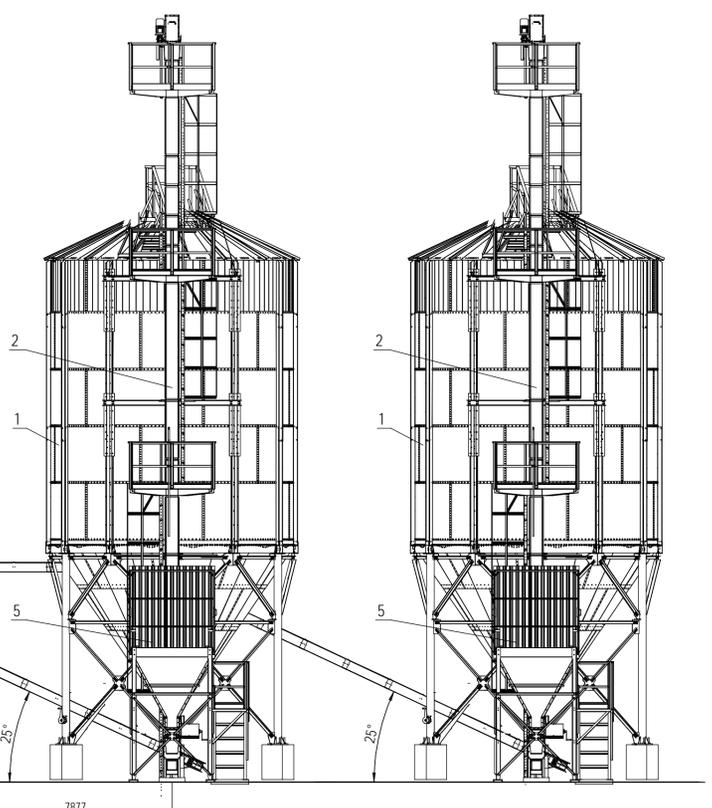
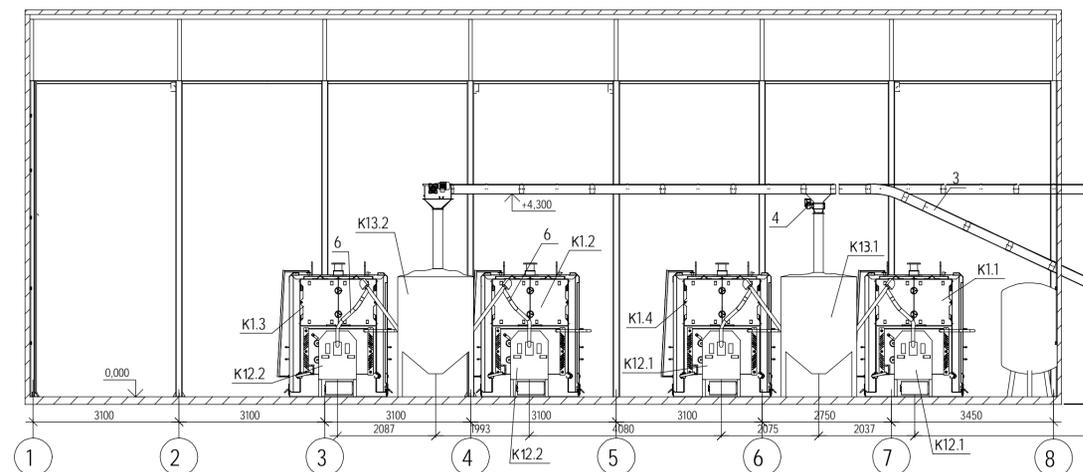
ПЛАН НА ПОЗНАЦІ ±0,000



РОЗРІЗ 2-2



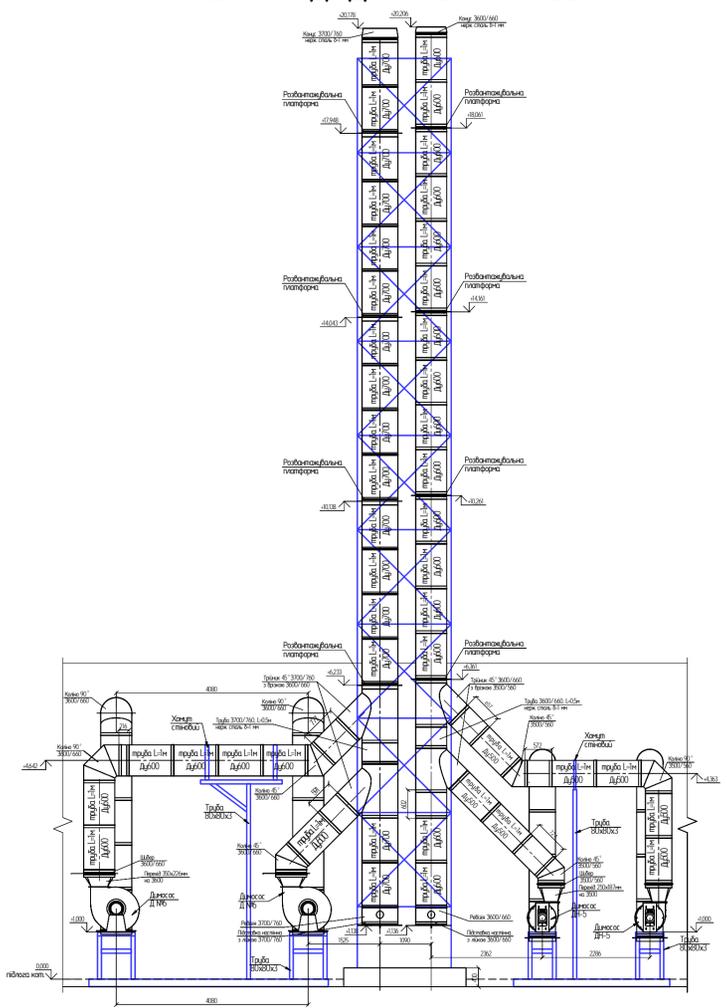
РОЗРІЗ 1-1



ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

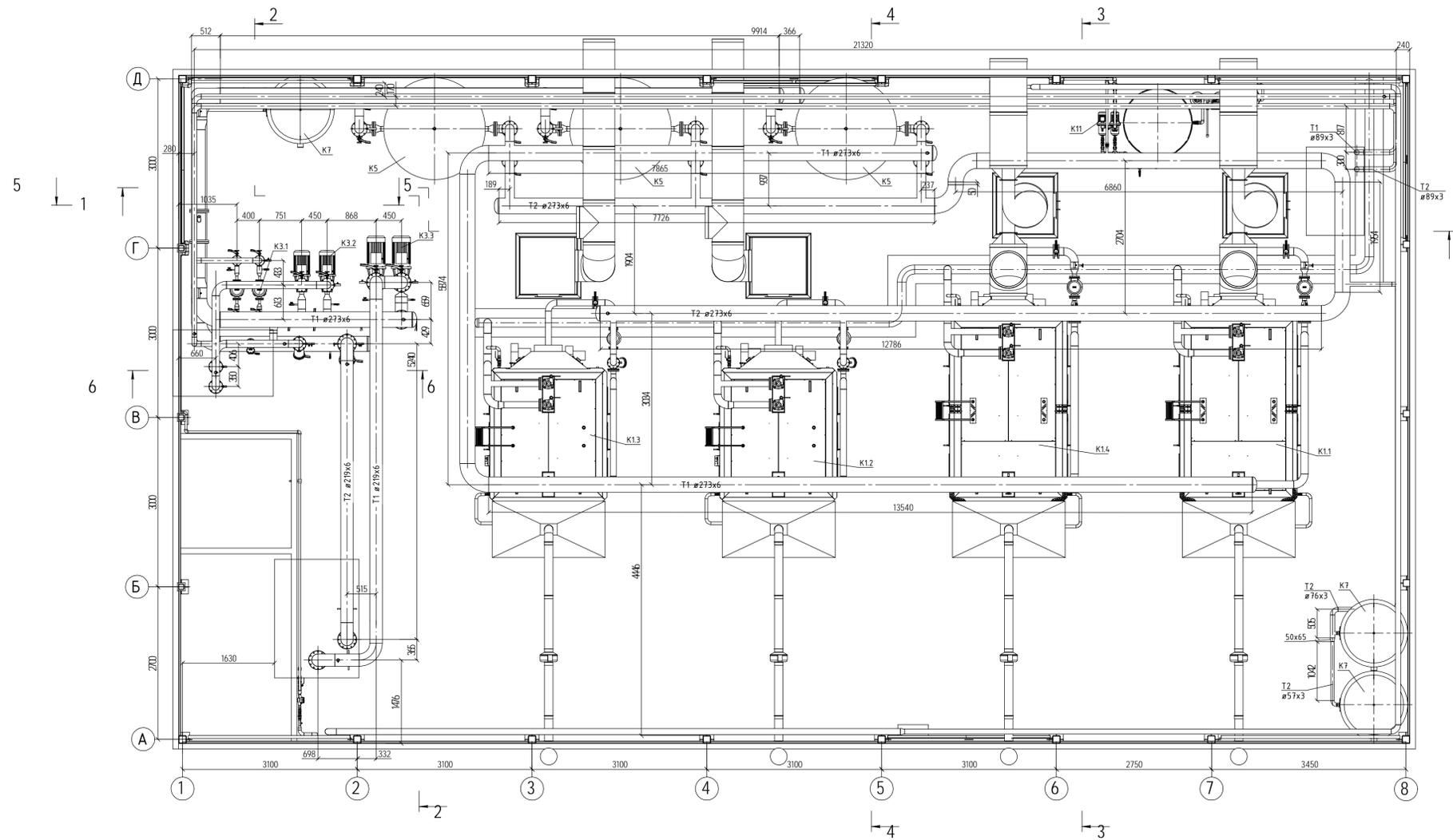
Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.
K1.1	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.2	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.3	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.4	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
1.1	Бункер V=158 м <sup>3</sup> для зберігання RDF-палива		1
1.2	Бункер V=158 м <sup>3</sup> для зберігання пелет		1
2	Норія стрічкова (цепна) ковшова продуктивність 25 т/годину		2
3	Скребоквий конвейєр продуктивністю 20 т/годину		2
4	Засувка електрична		2
5.1	Бункер прийому RDF-палива V=2 м <sup>3</sup>		1
5.2	Бункер прийому пелет V=2 м <sup>3</sup>		1
6	Гнучкий шнек		4
K12.1	КВІТ ОПТИМА М, 1500 кВт	Пелетний пальник	1
K12.2	КВІТ ОПТИМА М, 1000 кВт	Пелетний пальник	1
K13.1	БПЛ-4000, V=4 м <sup>3</sup>	Бункер пелет	1
K13.2	БПЛ-3000, V=3 м <sup>3</sup>	Бункер RDF-палива	1
K14.1	ЦН-15-400уп	Циклон	2
K14.2	ЦН-15-400	Циклон	2

ВИГЛЯД ДИМОВОЇ ТРУБИ

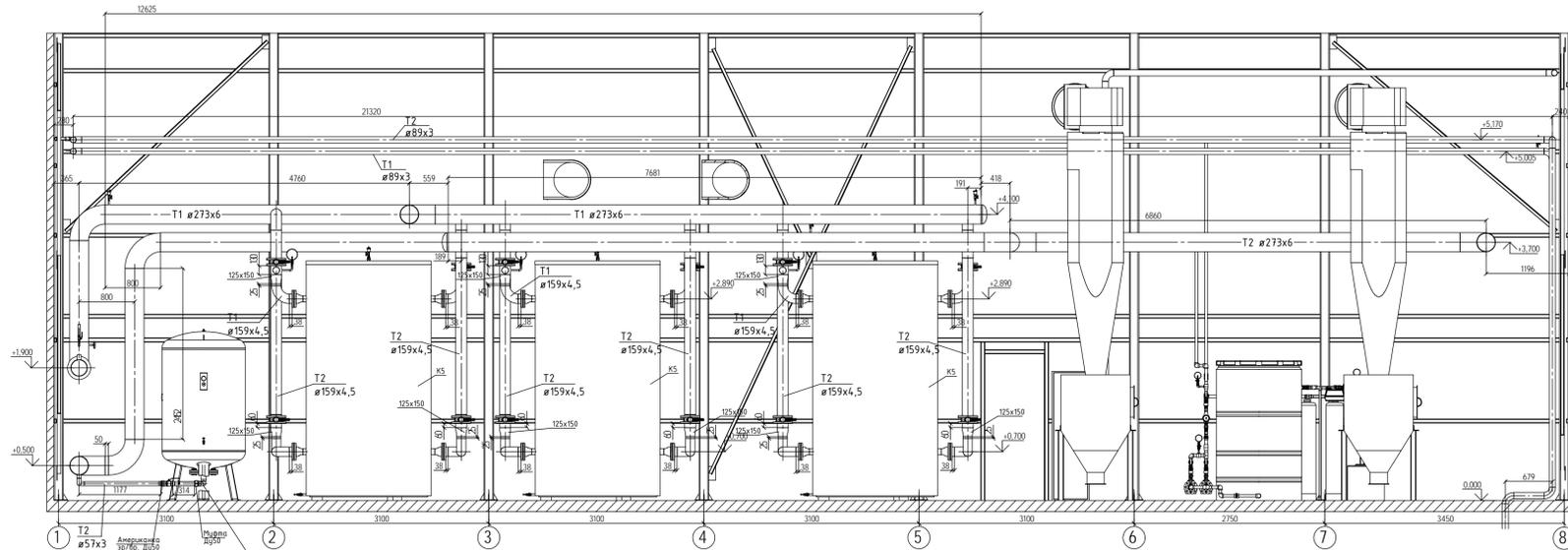


<b>МДР 601-МНТ 11567340</b>		
Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.
Розробив	Веклич О.А.	№доку
Керівник	Голік Ю.С.	Дата
Перевірив	Голік Ю.С.	Місц.
План. Розрізи		Старий Аркуш
МДР		6
План на позначці +0,000. Розрізи 1-1, 2-2 М 1:75. Експлікація обладнання.		Новий Аркуш
Зав. кафедрою		11

ПЛАН НА ПОЗНАЧЦІ ±0,000. М 1:50



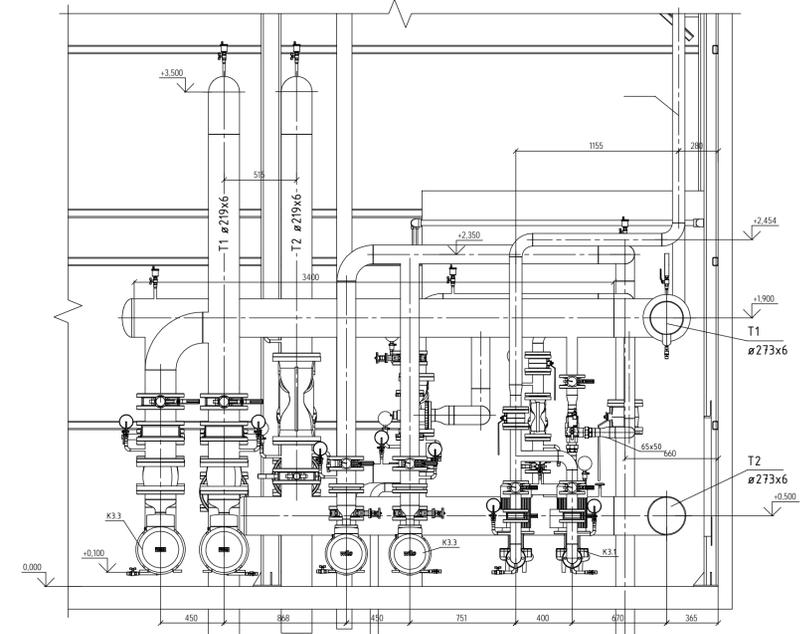
РОЗРІЗ 1-1. М 1:50



ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

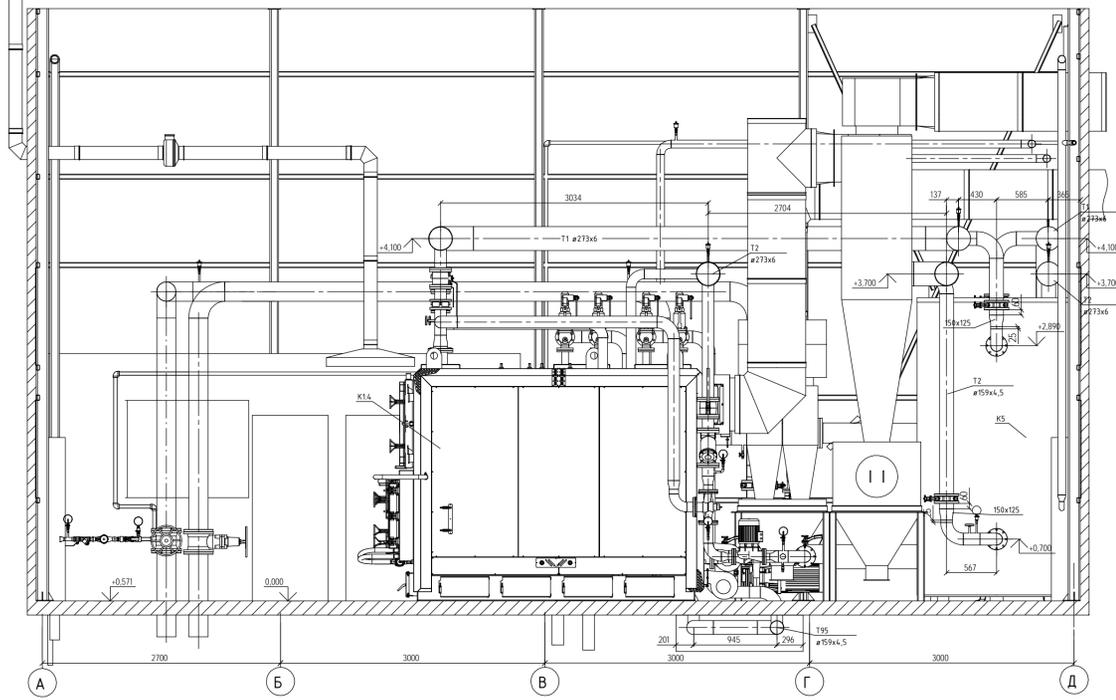
Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.
K1.1	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.2	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.3	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.4	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
1.1	Бункер V=158 м <sup>3</sup> для зберігання RDF-палива		1
1.2	Бункер V=158 м <sup>3</sup> для зберігання пелет		1
2	Норія стрічкова (цепна) ковшова продуктивність 25 т/годину		2
3	Скребковий конвейер продуктивністю 20 т/годину		2
4	Засувка електрична		2
5.1	Бункер прийому RDF-палива V=2 м <sup>3</sup>		1
5.2	Бункер прийому пелет V=2 м <sup>3</sup>		1
6	Гнучкий шнек		4
K12.1	КВІТ ОПТИМА М, 1500 кВт	Пелетний паливник	1
K12.2	КВІТ ОПТИМА М, 1000 кВт	Пелетний паливник	1
K13.1	БПЛ-4000, V=4 м <sup>3</sup>	Бункер пелет	1
K13.2	БПЛ-3000, V=3 м <sup>3</sup>	Бункер RDF-палива	1
K14.1	ЦН-15-400уп	Циклон	2
K14.2	ЦН-15-400	Циклон	2

РОЗРІЗ 5-5. М 1:25

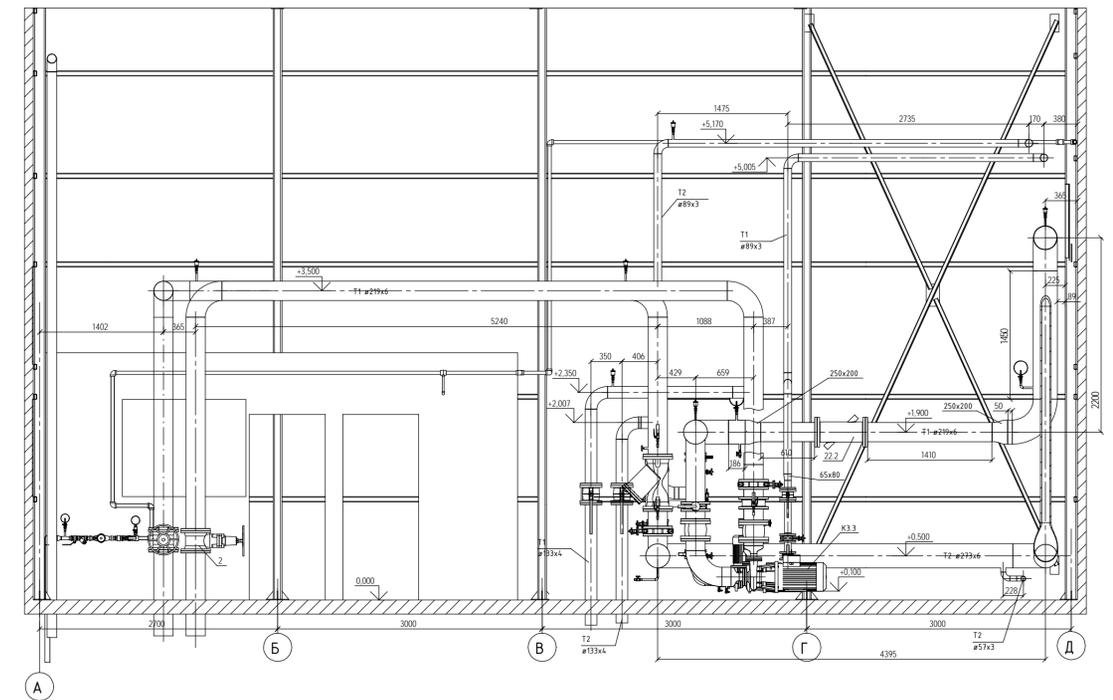


				МДР 601-МНТ 11567340		
Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава						
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	Стадія
Розробив	Веклич О.А.					Аркуш
Керівник	Голік Ю.С.					Аркушів
Перевірив	Голік Ю.С.					МДР
				7 11		
План на позначці ±0,000. Розріз 1-1 М 1:50. Розріз 5-5 М 1:25. Експлікація обладнання.						
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», кафедра тепло-енергетичної, вентиляційної та теплотехніки						
Зав. кафедри Голік Ю.С.						
В/Ш = 594 / 841 (0,50м2)						
Allplan 2011						

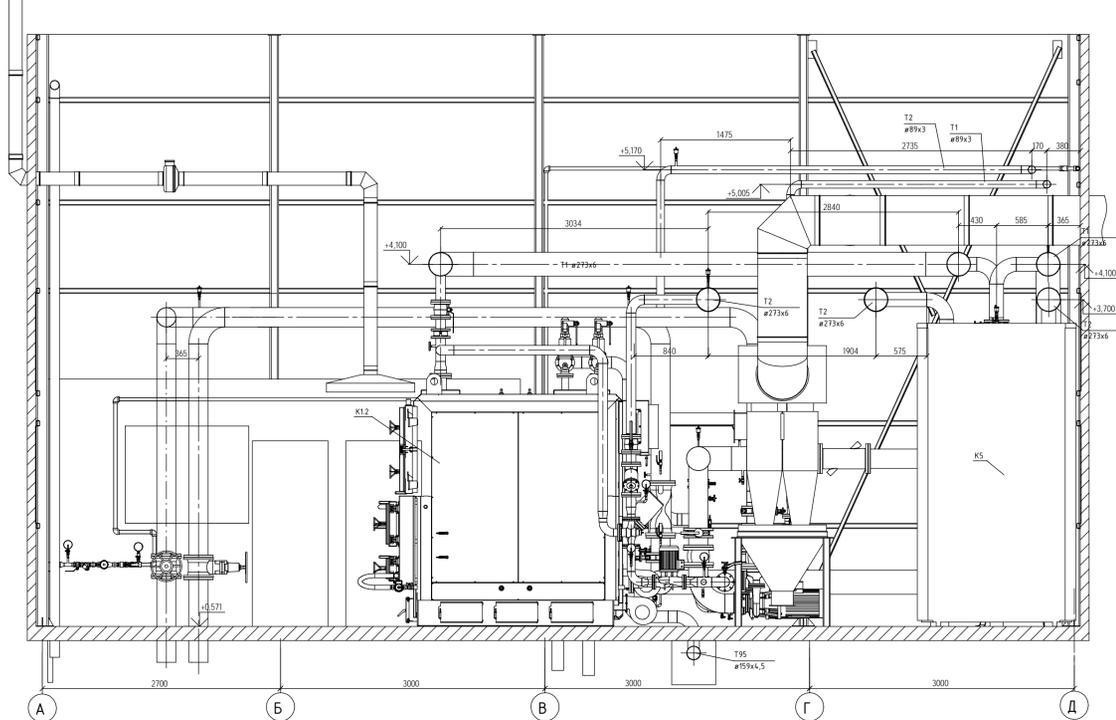
РОЗРІЗ 3-3. М 1:40



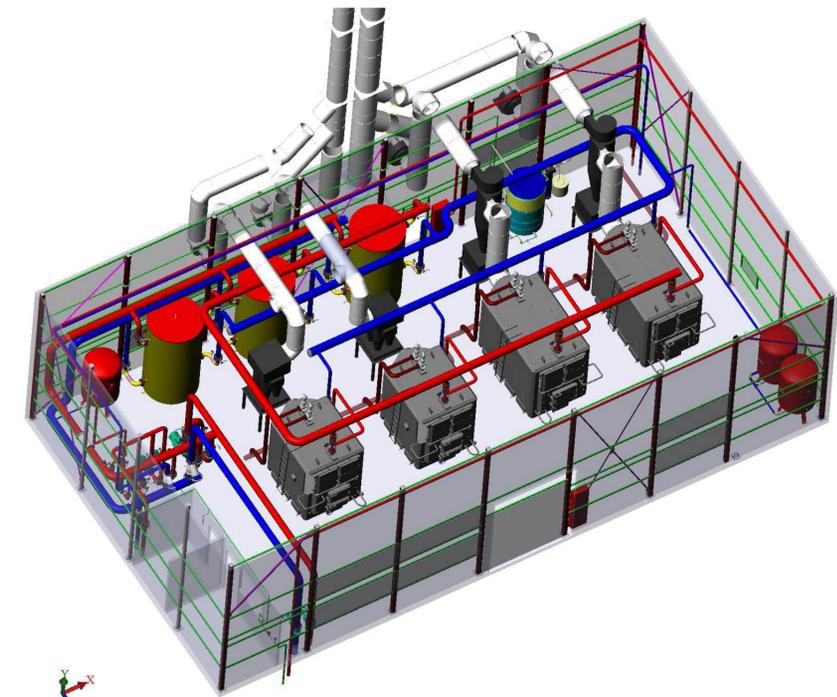
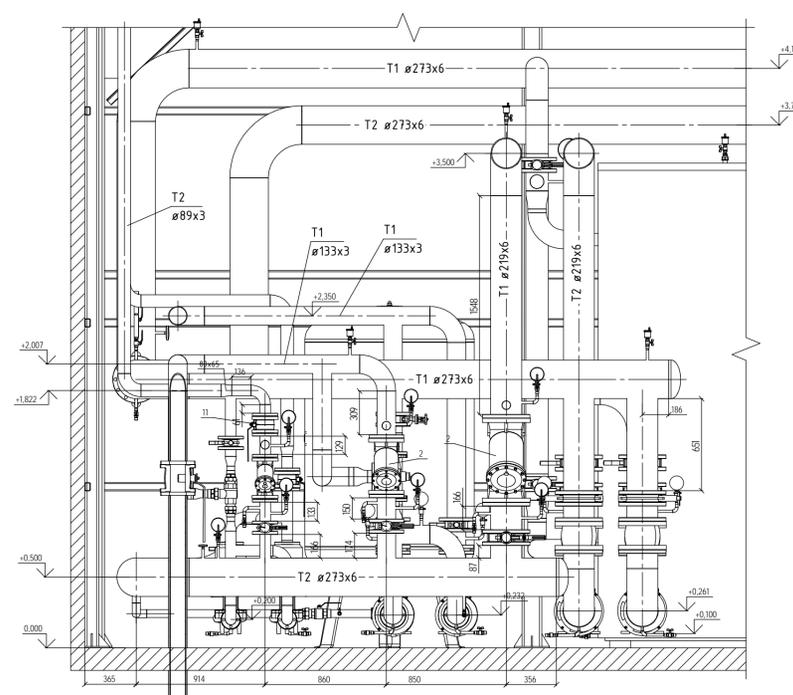
РОЗРІЗ 2-2. М 1:40



РОЗРІЗ 4-4. М 1:40



РОЗРІЗ 6-6. М 1:25

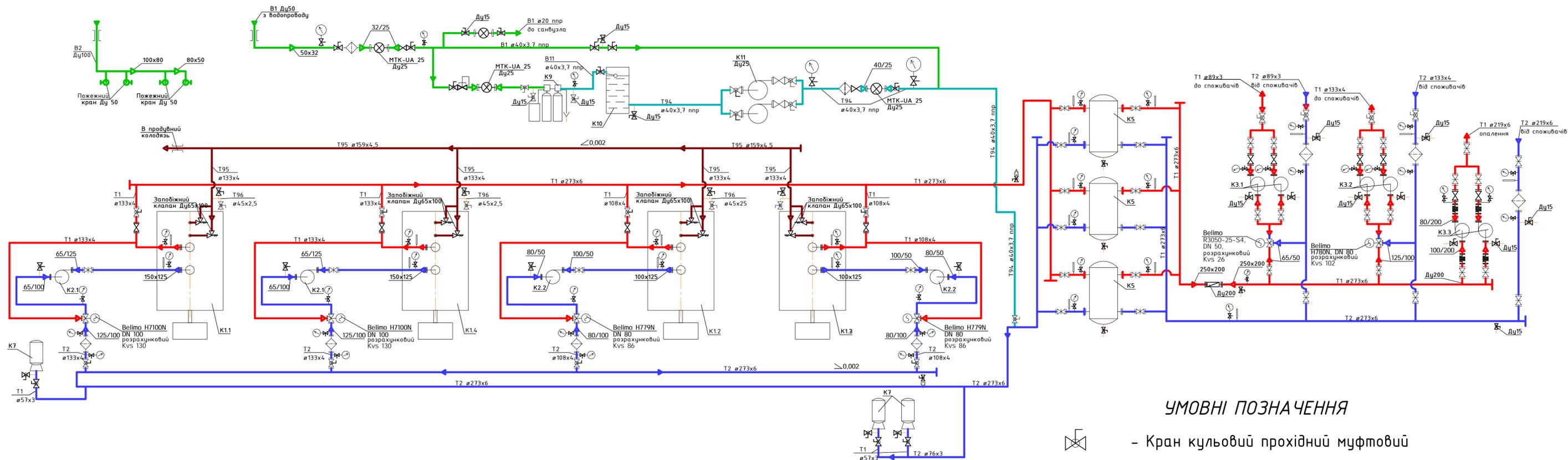


ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.
K1.1	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1		продуктивністю 20 т/годину		
K1.2	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1	4	Засувка електрична		2
K1.3	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1	5.1	Бункер прийому RDF-палива V=2 м³		1
K1.4	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1	5.2	Бункер прийому пелет V=2 м³		1
1.1	Бункер V=158 м³ для зберігання RDF-палива		6		Гнучкий шнек		4
1.2	Бункер V=158 м³ для зберігання пелет		1	K12.1	КВІТ ОПТИМА М, 1500 кВт	Пелетний паливник	1
				K12.2	КВІТ ОПТИМА М, 1000 кВт	Пелетний паливник	1
				K13.1	БПЛ-4000, V=4 м³	Бункер пелет	1
2	Норія стрічкова (цenna) ковшова продуктивність 25 т/годину		2	K13.2	БПЛ-3000, V=3 м³	Бункер RDF-палива	1
				K14.1	ЦН-15-400уп	Циклон	2
3	Скребоквий конвейер		2	K14.2	ЦН-15-400	Циклон	2

				<b>МДР 601-МНТ 11567340</b>		
<i>Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава</i>						
Зм.	Кільк.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава
Розробив	Веклич О.А.					Тепломеханічні рішення котельні
Керівник	Голік Ю.С.					МДР 8 11
Перевірив	Голік Ю.С.					План на позначці +0,000. Розрізи 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 М 1:75. Розрізи 5-5, 6-6 М 1:25. Експлікація обладнання.
				<small>Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра тепло-енергетичної вентиляції та теплотехніки</small>		
				<small>В/Ш = 594 / 841 (0.50*2) Allplan 2011</small>		

# ТЕПЛОМЕХАНІЧНА СХЕМА КОТЕЛЬНОЇ



## ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.
K1.1	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.2	НЕУС-Т 800, 800 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.3	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K1.4	НЕУС-Т 1500, 1500 кВт	Котел водогрійний твердопаливний	1
K2.1	Wilo IPL 65/130-4/2 (65 м <sup>3</sup> /год., 15 м)	Насос котла	2
K2.2	Wilo PL 50/140-3/2 (42 м <sup>3</sup> /год., 16 м)	Насос котла	2
K3.1	Wilo IL 32/160-3/2 (13 м <sup>3</sup> /год., 25 м)	Мережний насос 1 роб., 1 резерв)	2
K3.2	Wilo BL 50/140-55/2 (51 м <sup>3</sup> /год., 25 м)	Мережний насос 1 роб., 1 резерв)	2
K3.3	Wilo BL 65/160-11/2 (130 м <sup>3</sup> /год., 25 м)	Мережний насос 1 роб., 1 резерв)	2
K5	6000 л	Бак-акумулятор	3
K7	2000 л	Розширювальний бак	3
K9	ДФК-1354-TWMN	Установка пом'якшення води	1
K10	V=2 м <sup>3</sup>	Бак запасу підживної води верт.	1
K11	Wilo MHI 206 3~	Насоси підживлення	2

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Кран кульовий прохідний муфтовий
- Засувка
- Кран кульовий прохідний вварний
- Автоматичний повітровідвідник
- Лічильник води крильчатий
- Термометр, манометр
- Витратомір тепла ультразвуковий
- Антивібраційна вставка
- Кран автоматичний двоходовий двопозиційний
- Клапан електромагнітний відсічний

## ПОЗНАЧЕННЯ ТРУБОПРОВІДІВ

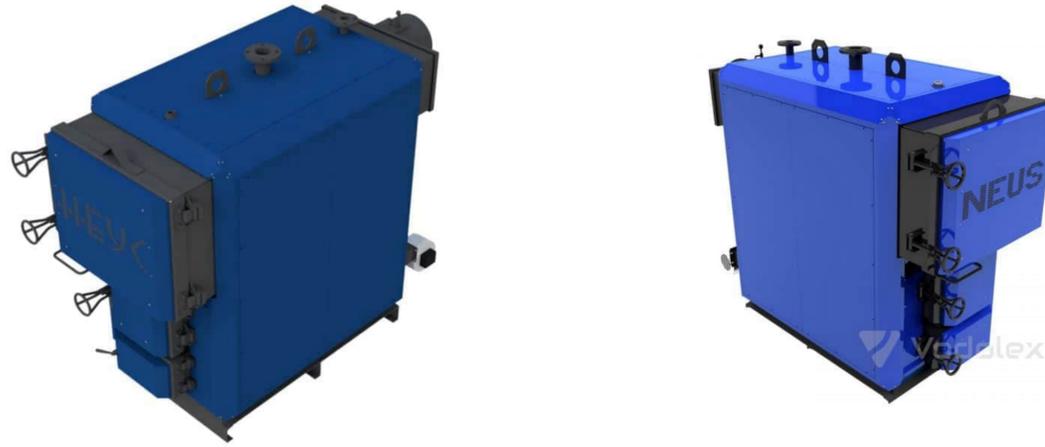
- T1 - трубопровід прямої мережної води;
- T2 - трубопровід зворотної мережної води;
- T94 - трубопровід підживлюючої води;
- T95 - трубопровід дренажний напірний;
- T96 - трубопровід дренажний безнапірний;
- V1 - трубопровід сирієї води;
- V11 - трубопровід пом'якшеної води.

<b>МДР 601-МНТ 11567340</b>		
Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава		
Зм. Кільк.	Арх. №доку	Підпис
Розробив	Веклич О.А.	
Керівник	Голік Ю.С.	
Перевірив	Голік Ю.С.	
Зав. кафедр	Голік Ю.С.	
Тепломеханічна схема котельні		Стадія
котельні		Аркуш
Тепломеханічна схема котельні. Експлікація обладнання котельні. Умовні позначення. Позначення трубопроводів.		Аркушів
МДР		9
11		

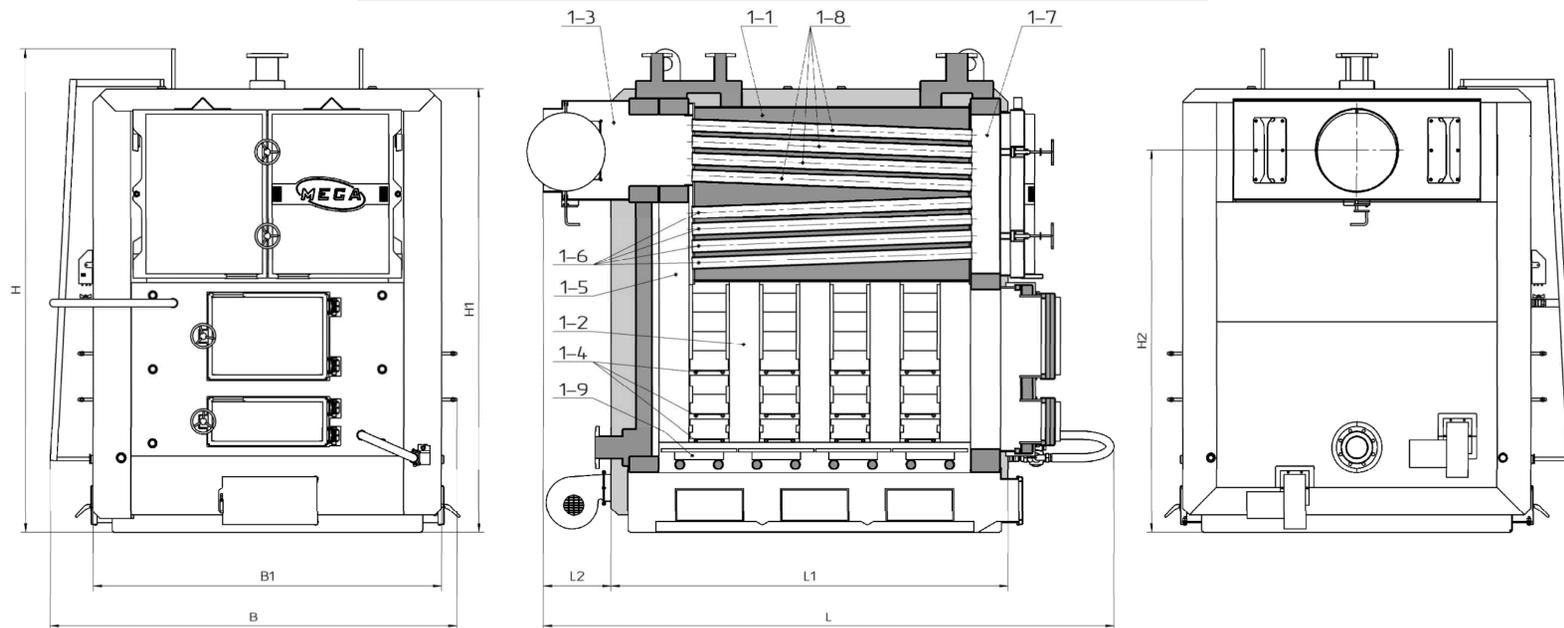
ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТЛА

Параметр		Од. вим.	Норма для котла "НЕУС-Т" тип КТ-ЗЕ-Н				
			600	800	1000	1200	1500
Номінальна теплопродуктивність (потужність) котла		кВт	600	800	1000	1200	1500
Паливо		-	Антрацит, кам'яне вугілля, дрова (пеллета)				
Коефіцієнт корисної дії, не менше		%	86				
Площа поверхні теплообміну в котлі		м²	49	60	75	86	98
Розміри топки	глибина	мм	1380	1860	1860	2340	2820
	ширина	мм	1640	1640	1640	1640	1640
	об'єм	м³	2,23	3,01	3,01	3,79	4,57
Водяна ємність котла		м³	1,9	2,3	2,8	3,4	4,0
Маса котла без води		кг	4500	5200	5850	6700	7600
Необхідна тяга топочних газів		Па	60-80				
Температура топочних газів на виході з котла		°C	100-180				
Рекомендована мінімальна температура води		°C	58				
Максимальна температура води		°C	85				
Номінальний (максимальний робочий) тиск води		МПа	0,30				
Випробувальний тиск води, не більше		МПа	0,50				
Споживання електроенергії, не більше		кВт	1,11	1,11	1,11	1,66	1,66
Напруга мережі живлення		-	230 В (50 Гц)				
Габаритні розміри котла	B	мм	2430	2430	2430	2430	2430
	B1		2080	2080	2080	2080	2080
	H		2670	2670	2870	2870	2870
	H1		2430	2430	2630	2630	2630
	H2		2082	2082	2263	2224	2224
	L		2950	3400	3400	3880	4330
	L1		1910	2380	2380	2840	3290
	L2		410	410	410	410	410
Розміри завантажувальних дверцял	висота	мм	460	460	460	460	460
	ширина		660	660	660	660	660
Розміри вікна для монтажу пелетного паливника	висота	мм	930	930	930	930	930
	ширина		1240	1240	1240	1240	1240
Приєднувальні (зовнішній діаметр) розміри дороба	мм	450	450	500	600	600	
Рекомендовані параметри димоходу	площа перерізу	см²	1590	1590	1970	2830	2830
	внутрішній діаметр	мм	450	450	500	600	600
	висота (мінімально допустима)	м	16	22	24	24	30
Діаметр патрубків прямої і зворотної мережної води (Ду)	мм	Фл.	Фл.	Фл.	Фл.	Фл.	
Діаметри патрубків під запобіжний клапан (Ду)	мм	2x50	2x50	2x65	2x65	2x65	
Необхідна величина тиску спрацювання запобіжного клапана	МПа	0,35					

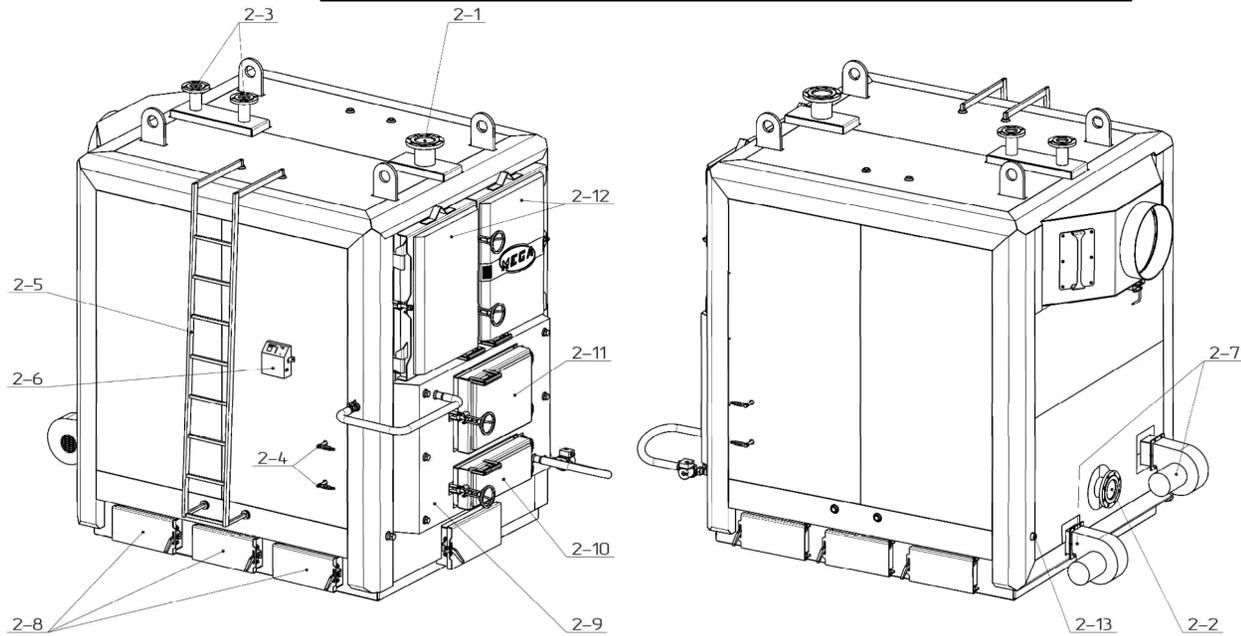
ВИГЛЯД КОТЛІВ "НЕУС-Т"



ГАБАРИТНІ РОЗМІРИ ТА ВНУТРІШНЯ БУДОВА КОТЛА



ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ТА ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ КОТЛА



ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛИВА

Марка палива	Робоча маса палива							Нижча теплота згоряння, МДж/кг, Q <sub>н</sub>	Вихід летких речовин на горючу масу, %, V <sub>e</sub>
	Склад, %								
	W <sup>p</sup>	A <sup>p</sup>	S <sup>p</sup>	C <sup>p</sup>	H <sup>p</sup>	N <sup>p</sup>	O <sup>p</sup>		
Пелети	7,43	1,27	0,02	51	6,1	0,6	42,2	13,2	82,41

Поз.	Найменування параметру	Поз.	Найменування параметру	Поз.	Найменування параметру
1-1	Корпус котла	2-1	Патрубок прямої мережної води	2-10	Дверцята колосникові
1-2	Топка	2-2	Патрубок зворотної мережної води	2-11	Дверцята завантажувальні
1-3	Боров	2-3	Патрубки під запобіжні клапани котла	2-12	Дверцята конвекційної частини котла
1-4	Патрубки подачі повітря на горіння	2-4	Ручки повітряних заслінок	2-13	Штуцер зливу води з котла
1-5	Перша поворотна камера	2-5	Драбина монтажна		
1-6	Перший ряд жарових труб	2-6	Блок автоматики управління		
1-7	Зона чищення котла (друга поворотна камера)	2-7	Вентилятори нагнітання *		
1-8	Другий ряд жарових труб	2-8	Дверцята зольника		
1-9	Колосникові ґрати	2-9	Двері топки		

					МДР 601-МНТ 11567340		
Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава							
Зм.	Кільк.	Арк.	№доку.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуші
Розробив	Веклич О.А.					МДР	10
Керівник	Голік Ю.С.						
Перевірив	Голік Ю.С.						
Технічні характеристики котлів. Вигляд котлів. Габаритні розміри та внутрішня будова котла. Зовнішній вигляд та основні елементи котла. Характеристика палива.						Національний університет "Полтавська політехніка" імені Юрія Кондратюка кафедрa тепло-енергетична, вентиляції та теплоенергетики	
Зав. кафедрою Голік Ю.С.						Allplan 2011	

# ВИСНОВКИ З ПРОВЕДЕНОЇ РОБОТИ

Метою нашої магістерської роботи розроблення проекту реконструкції котельні в новому мікрорайоні міста Полтава з можливістю використання альтернативного типу палива на базі місцевих відходів ТПВ. У ході виконання магістерської роботи було:

1. Проведено огляд та аналіз наукових праць з питання альтернативних видів палива та класифікацію джерел теплової енергії.
2. Визначено теплотворну здатність відходів ТПВ, та проведено оцінку впливу вологості на спалювання твердих побутових відходів.
3. Виконано розрахунки обсягів утворення твердих побутових відходів у Полтавському регіоні, визначено морфологічний склад та якість відходів ТПВ.
4. Проведено порівняльний аналіз викидів паливоспалюючого обладнання при роботі на різних видах палива.
5. Виконано аналіз котельного обладнання, що працює на альтернативному виді палива, та визначено характеристика котлів, які можуть працювати на альтернативному паливі.
6. Проведено підбір паливоспалюючого обладнання для встановлення в котельній, що працює на альтернативному паливі.
7. Виконано розрахунок кількості повітря на вентиляцію приміщення котельні та проведено підбір вентилятора.
8. Визначено параметри встановленого циклону, для очищення димових газів від твердих суспендованих частинок.
9. Проведено розрахунок та підбір котельного обладнання, такого як: насосне обладнання, мембранний розширювальний бак, система водопідготовки, лічильник води.

Прийняті в проекті рішення вказують на те, що за рахунок діяльності котельні, в якій заплановано проведення реконструкції, не прогнозується збільшення негативного впливу викидів підприємства на здоров'я населення, а також впливові зміни в якісному і кількісному складі атмосферного повітря в районі розташування підприємства.

						МДР 601-МНТ 11567340		
						Реконструкція котельні за рахунок використання місцевих альтернативних видів палива в м.Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.	№доку	Підпис	Дата	Стадія	Аркуші	Аркуші
Розробив	Веклич О.В.					Висновки	МДР	11
Керівник	Голік Ю.С.							
Перевірив	Голік Ю.С.							
						Мета дослідження, об'єкт дослідження, результати розрахунків, висновки		
						Національний університет "Полтавська політехніка" імені Юрія Кондратюка, кафедра тепло-енергетична, вентиляції та теплоенергетики		
						Зав. кафедри Голік Ю.С.		