

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИНАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ
ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
магістра

на тему : **Дослідження роботи твердопаливних котлів на різних
видах палива**

Виконав: студент 2
курсу, групи 601мНТ
спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Манейло Є.М

(прізвище та ініціали)

Керівник Крот О.П

(прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою Голік Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2024 року

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 144 - Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова
циклової комісії Голік Ю.С.

"04" 29 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
СТУДЕНТА**

Манейло Євген Миколайович

Тема проекту: Дослідження роботи твердопаливних котлів на різних видах палива

1. Керівник проекту Крот О.П. д.т.н.проф. кафедри ТГПВ
затверджені наказом вищого навчального закладу №986-ф,а 04.09.2023 року

					601-МНТ.10578414.КМР			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	«Дослідження роботи твердопаливних котлів на різних видах палива»	Лист.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Манейло Є.М.					2	104
Перевір.		Крот О.П.				НУПП ім Ю.Кондратюка		
Зав.кафедри		Голік Ю.С.						

2. Строк подання студентом проекту 20.01.2024 р.
3. Розробка та створення енергетичної установки для досліджень різних видів палива., Обрати оптимальні види палива для дослідницької роботи та провести порівняльні досліди.,
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Проблематика та потреба, Огляд літератури та технологічних рішень для потреб теплопостачання, Котли порівняння та аналіз котлових агрегатів, Порівняльний аналіз різних видів палива та їх властивості, Технологія виробництва та їх хімічний склад, можливість використання ТБО, Висновок з огляду, Методика проведення досліджень, Опис установки, Опис силових агрегатів, Дослідження різних видів палива, порівняльний аналіз виходячи з експерименту, Висновки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Лист: Люстративні матеріали до дипломної роботи, 2 лист: Монтажна схема обв'язки котла із умовними позначеннями, 3 лист: Розробка енергетичної установки, 4 лист: Демонтажні роботи, 5 лист: Вдосконалення та розробка буферної ємності, 6 лист: Енергетична установка, 7 лист: Температурний графік досліду №1, 8 лист: Температурний графік досліду №2, 9 лист: Температурний графік досліду №3, 10 лист: Висновки.
6. Дата видачі завдання 01.09. 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка схеми енергетичної установки	02.09 – 16. 09 2023 р.	<i>СМ</i>
2	Створення енергетичної установки та її монтаж	16.09 – 31.09 2023 р.	<i>СМ</i>
3	Огляд та вибір видів палива для дослідів	01.10 – 30.10 2023 р.	<i>СМ</i>
4	Проведення дослідів та їх розрахунок	02.11 – 29.11 2023 р.	<i>СМ</i>
5	Розрахунок та висновки виходячи із дослідницьких даних	04.12 – 28.12 2023 р.	<i>СМ</i>
6	Оформлення дипломної роботи	08.01 – 19.01 2024 р.	<i>СМ</i>

Студент

[Підпис]
(підпис)

Манейло Є.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

[Підпис]
(підпис)

Крот О.П.

(прізвище та ініціали)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-МНТ.10578414.КМР

Арк.

3

РЕФЕРАТ

Манейло Євген Миколайович «Дослідження роботи твердопаливних котлів на різних видах палива»

Магістерська робота на здобуття рівня вищої освіти магістр зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, 2023р.

Робота містить 10 сторінки, 20 таблиць, 21 малюнків, 2 додатки, 4 діаграми та графіки, список літератури містить 24 найменувань (з них 6 нормативні-правові документи), 10 аркушів графічної частини.

Ключові слова: теплова енергія, котли, процес горіння, дрова, вугілля, вуглекислий газ, буферна ємність, енергоносії, розпал, зола, брикети, пелети, енергопотреби.

Об'єктом дослідження є: створена теплогенеруюча установка на кафедрі теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики для дослідження роботи теплогенеруючих установок на природному газі та твердому паливі.

Мета роботи: дослідження роботи теплогенеруючої установки (твердопаливного колта) на різних видах палива та визначення максимально приємного палива для використання та визначення кількості теплової енергії отриманого від палива.

ВСТУП

Проблематика у сфері теплопостачання та енергетиці була гострою до 24 лютого 2022 року.

Зношення та не відповідність до існуючих норм в теплоенергетиці та будівництві.

Дуже слабка матеріально технічна база у сфері ЖКГ та енергетиці.

Ціна та брак енергоносіїв.

Довго тривалість в проектуванні та узгодженнях у підприємствах постачання енергоносіїв. [1]

Після 24 лютого 2022 року ситуація стала критичною та події внаслідок війни торкнулися багатьох людей та країни загалом. Дуже гостро стало питання теплопостачання соціальних об'єктів: шкіл, дитячих садочків, лікарень та на сьогодні вже як би не жахливо це чути але і обігрів бомбосховищ та опорних пунктів для потреб ЗСУ, які в свою чергу використовують в своїй більшості як раз і тверде паливо. Через російське вторгнення постраждали 327 об'єктів сфери теплопостачання. Це повна або часткова руйнація 860 об'єктів теплоенергетики 316 котелень, 10 ТЕЦ, 1 ТЕС та запорізька АЕС яка зараз знаходиться на окупованій території. Є безліч об'єктів теплопостачання внаслідок пошкоджень не дозволяє здійснювати теплопостачання та кількість цих об'єктів може змінюватися кожної години. Як наголосив міністр розвитку громад та територій України Олексій Чернишов «головне – дати тепло людям» наголосив він. Також із резервного фонду виділено кошти на закупівлю необхідного мобільного обладнання: газові котли, твердопаливні пересувні котельні, дизель-генератори та енергоносії для них.[26]

Основною метою цих заходів є компенсація потреб у теплопостачанні у разі руйнування стаціонарних об'єктів та замість пошкоджених котелень або під час ремонту підключати мобільні теплоенергетичні установки. А тому необхідно підготуватись до можливих форс-мажорів і мати резервні варіанти для вирішення проблем теплопостачання та опалювання приміщень. Для того щоб надати підтримки та можливість в необхідний період забезпечення великій кількості

					601-МНТ.10578414.КМР	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

громадян та об'єктів соціальної сфери в наданні теплопостачання в необхідному обсязі. Та відходити від потреби та принципів вигідно або невигідно, коли на кону стоїть життя та здоров'я населення, яке є головним ресурсом держави. [1]

На сьогоднішній день немає жодних гарантій того, що наступного разу ракети не прилетять по теплоелектростанціям або по об'єктах газотранспортної системи України що зробить ситуацію надкритичною. До речі не треба виключати можливість відсутності теплопостачання цієї зими через проблеми та руйнації газотранспортної системи. Існують такі рекомендації: пенсіонерам та сім'ям із дітьми розглянути варіант тимчасового виїзду на час зими у сільську місцевість, де є можливість опалення альтернативними джерелами. Ситуація, в якій сьогодні перебуває теплоенергетика вкрай складна: війна, брак енергоносіїв відсутність капремонтів та впровадження заходів щодо поточних ремонтів та вдосконалення теплоенергетичного комплексу країни за попередні роки. [10] Тому дослідження та впровадження роботи твердопаливних котлів на різних видах палива та їх властивості є однією із ланок вирішення проблем з теплопостачання.

У холодну пору року будь-якій людині необхідно, щоб у її будинку було тепло, для чого застосовуються спеціальні опалювальні пристрої, які, як правило, працюють на таких видах палива як електрика та газ. Однак останнім часом на сьогоднішній день та в умовах війни, тому все більш популярними для обігріву приміщень стають твердопаливні котли або котли які можуть працювати в умовах автономності газові котли на скрапленому газі або котли на рідкому паливі.

Твердопаливний котел сьогодні насправді вигідно, так як для опалення будинку або приміщення в цьому випадку вам знадобляться цілком традиційні види палива: дрова, паливні брикети, пілети та ТПВ які не відрізняються особливо високою ціною та низка енергоресурсів є під рукою а також одним із важливим фактором на сьогодні є автономність в роботі. Твердопаливні котли, деякий час тому вони поступилися місцем на ринку електричним і газовим моделям, проте в наші дні з удосконаленням технологій вони знову стали актуальними і конкурентними, перевершуючи аналоги за багатьма параметрами.[2]

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Актуальність використання опалювальних пристроїв, що працюють на деревині та вугіллі, пояснюється тим, що вони мають ряд переваг, серед яких особливо варто виділити такі:

- простота монтажу та експлуатації, а також відсутність спеціального обслуговування;
- доступна ціна установки та невисока вартість палива, можливість використовувати різні види пального;
- доступність енергоресурсів незалежно від стану газотранспортної системи.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПОТРЕБ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.

Огляд літератури ми почнемо з огляду котлів (опалювальних агрегатів):

Газові котли;

Електричні котли;

Рідкопаливні котли;

Твердопаливні котли.

Які поділяються в свою чергу ще на декілька підгруп.

Всі котли працюють за більш менш однаковим принципом це: спал(горіння) енергоносія або перетворення іншої енергії наприклад, електроенергії в теплову та за допомогою теплоносія (в нашому випадку вода в системі опалення) переносять теплову енергію безпосередньо в опалювальні прилади але у кожного з них є свої особливості які відрізняють їх одне від одного. Тому ми почнемо з огляду найпопулярніших на ринку котлів.

Наступним кроком в огляді літератури ми розглянемо всі найбільш відомі енергоносії для твердопаливних котлів так як маркетингові моделі продажів нам розповідають та наголошують що їхні енергоносії самі ефективні а ми як початкові інженери забор'язані це перевірити.

До огляду різних видів палива для твердопаливних котлів ми надаємо:

Дрова, як самий розповсюджений, пилети, брикети та вугілля тим паче що тема моєї дипломної роботи це «робота твердопаливних котлів на різних видах палива».

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1. Газові котли



Газові котли є найпоширенішими приладами опалення в Україні. Це обумовлено дуже широким використанням газу як джерела енергії, оскільки газотранспортна система в Україні є дуже великою. Кількість енергії, отриманої від спалювання природного газу, також є значною. Хоча початкові витрати на встановлення газового котла самі по собі є високими, у багатьох випадках системи опалення на основі природного газу є економічно вигідним і виправданим рішенням.[7]

Газові котли призначені не тільки для опалення, але також можуть використовуватися в поєднанні з бойлерами для виробництва гарячої води. Принцип роботи газових котлів простий: теплоносій (зазвичай вода) циркулює по герметичних трубах і передає теплоопалювальному обладнанню (радіаторам та іншим теплообмінникам), яке в свою чергу, передає тепло в приміщення. У більшості міських квартир водяне опалення базується на подібному принципі.

Опалення-це питання, яке стає дуже важливим перед початком опалювального сезону. Двоконтурні газові котли стали особливо популярними в останні роки.

Основний принцип роботи двоконтурного газового котла полягає в тому, що він працює як газовий котел для опалення, так і для нагріву води.

Контур для опалення приміщень є замкнутим, тоді як теплоносій для обігріву радіаторів циркулює по колу. Другий контур підключений до відповідного

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубопроводу системи водопостачання і за допомогою триходового клапана, датчика тиску який під'єднаний до мікропроцесора який в свою чергу приймає сигнал с датчику тиску і передає сигнал на мікроконтролер який в свою чергу передає імпульс на ШИМ (широкий імпульсний модулятор) який передає імпульси відповідної частоти для перемикавання режиму транзистора який вже безпосередньо і дає напругу на реле яке перемикає трьох ходовий клапан і гаряча вода подається в кран при відкритті крана та зміни тиску води в трубопроводі.

Залежно від виробника, котел може бути обладнаним системою, яка дозволяє керувати пальником і системою опалення, регулювати температуру і режим роботи котла. Також необхідно розрізняти конденсаційні та конвекційні агрегати. Принципи роботи різних типів двоконтурних газових котлів дещо відрізняються. Конденсаційні котли мають спеціальну камеру, в якій збирається пара, що утворюється при згорянні, і конденсаційний теплообмінник, який отримує з цієї пари додаткову енергію. Звичайні двоконтурні котли обладнані трубами, які випускають цю пару в навколишнє середовище. Камери згоряння котлів також можна розділити на закриті (з турбонаддувом) і відкриті камери згоряння. У закритих камерах згоряння кисень подається в камеру горіння за допомогою спеціального пристрою (турбіни), а продукти згоряння газу виводяться назовні. Димохід має два ступені. У відкритому типі відсутня додаткова подача повітря, яке забирається з приміщення, де знаходиться котел.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.2. Котли електричні



Одним із різновидів котельного обладнання є електричні опалювальні пристрої. Електричні котли мають різну потужність та здатні опалювати приміщення різної площі за призначенням: такі як квартири, житлові будинки тощо, але слід розуміти що для роботи електро-котла потрібно мати електромережу заздалегідь спроектовану під потужність саме цього електрокотла.

Електрокотли можуть бути використані як основне або резервне джерело тепlopостачання. Часто встановлюють електричні котли в каскадній схемі під'єднання до твердопаливних котлів для підтримки комфортної температури вночі коти немає можливості підкидувати дрова тощо або де неможливе встановлення та використання газових котлів та не проведений магістральний газ. Але на практиці частіше електрокотли проектують та монтують в каскадну паралельну схему для того щоб забезпечити неприривну подачу теплової енергії так як ціна електроенергії на даний момент дуже висока і це робить собівартість теплової енергії яку виробляють ці котли над високою. Також не треба зневажати тим що у форс-мажорні обставини на електрокотел не має дуже великої надії, тікі як під часа форс-мажорних

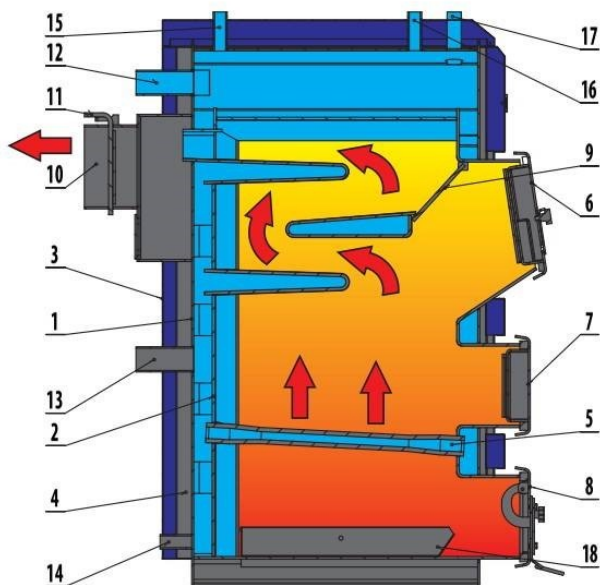
					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обставин енелектромережа потерпає найчастіше, намерзання на ЛЕП лінії електро передач, обривання ЛЕП під час урагану та сильного вітру та інших обставин які можуть пошкодити транспортуванню електроенергії.

На відміну від газових, електрочотли мають високий % ККД так як ніяких процесів горіння і викидів горіння в них не має і вони перетворюють чисту електричну енергію в теплову за допомогою нагрівачого елемента, та мають простішу конструкцію, не потребують спеціального обслуговування, екологічно нешкідливі та безпечні (якщо правильно змонтовані, згідно до вимог з електробезпеки) і відрізняються невисокою ціною, простим управлінням, компактними розмірами, легким монтажем та можливістю автоматизації роботи.

1.3. Котли твердопаливні

Принципова схема твердопаливного котла.



Склад твердопаливного котла: 1-корпус котла, 2-теплообмінник, 3-кожух, 4-теплоізолятор, 5-колосник з водяною рубашкою, 6-дверцята для завантаження енергоносія, 7-дверцята камери горіння, 8-нижні дверцята з регулятором надходження повітря, 9-регулятор тяги котла, 10-димохід, 11-заслонка димоходу, 12-патрубок виходу теплоносія, 13-патрубок зворотного теплоносія, 14-дренажний

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

патрубок, 15-патрубок для розвоздушки котла, 16-муфта термометра, 17-муфта регулятора тяги, 18-зольник.

Твердопаливний котел опалювальним є приладом саме на твердому паливі. Твердопаливні котли часто використовуються там, де немає підведеного газогону, або експлуатуються як найчастіше в каскадній схемі з електрокотлом або з газовим котлом або без нього де під'єднання електрокотла та газового котла неможлива чи невиправдано дорога. Дуже часто твердопаливні котли встановлюють в сільській місцевості де є можливість заготівлі дров або інших енергоносів в домашньому господарстві, що дає змогу заощаджувати на енергоносіях.

Опалювальні котли цього типу можуть працювати на різних видах палива: вугілля, деревина, пілети, брикети а також у побуті хто має твердопаливний котел частково як утилізатор твердих побутових відходів у малих об'ємах. Сучасні твердопаливні котли, на відміну від своїх попередників, мають безпечну конструкцію, мають комплект приладів контролю, зручні в експлуатації і здатні автоматично підтримувати задану температуру.

Оснащення котлів завантажувальними камерами великого об'єму дозволяє докладати менше зусиль у процесі експлуатації. Як і інші котли, твердопаливні можуть забезпечити гаряче водопостачання у комплекті із бойлером непрямого нагріву.

Котел твердопаливний – це прилад, який виділяє теплову енергію у процесі спалювання твердого палива. Виготовляють їх із сталі або чавуну. Такі установки ідеально підходять для опалення побутових приміщень і для виробничих потреб: так, деякі підприємства, що займаються обробкою деревини та сільським господарством, спалюють у котлах лушпиння соняшника, тріски, дрова та тирсу, вирішуючи цим питання утилізації виробничих відходів та обігріву. Втім, застосовуються такі котли сьогодні і у приватних домогосподарствах, для обігріву замських будинків, у районах де немає газу чи є енергоресурси дешевші за газ (в параметрах домогосподарств).

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Твердопаливні котли оснащуються терморегулятором зі сталевим ланцюжком, який з'єднує регулятор із заслінкою подачі повітря для процесу горіння. Завдяки цьому можна регулювати температуру теплоносія в системі. Для цього задається певний температурний рівень на терморегуляторі наприклад 60°C і якщо він перевищує необхідне значення, то термоактивний вміст терморегулятора послабить ланцюжок на піддувалі і піддувало прикриється і процес горіння сповільниться, а коли він знижується, піддувало відкривається і прискорюється горіння.

Як і усі прилади твердопаливний котли мають як переваги так і недоліки. Основним недоліком твердопаливних котлів це компетентність в їх використанні так як їх треба ефективно швидко розпалити потім контролювати процес горіння та обслуговування (чистка зольника димоходу та інше) тому інженери по всякому модернізують твердопаливні котли для зменшення або мінімізації та оптимізації процесів горіння та завантаження палива для більш комфортного використання приладом.

Існує кілька видів твердопаливних котлів для опалення. Основні їх відмінності у тривалості роботи на одній закладці палива та механізмі дії.

Твердопаливний котел тривалого горіння – відрізняється від звичайних твердопаливних котлів саме тривалим горінням. Такий ефект досягається за рахунок того, що пальне усередині системи тліє, а не горить на великому вогні. І який може пропрацювати на одній закладці пального від 12 до 48 годин.

Твердопаливні котли зазвичай працюють у високому температурному режимі та для того щоб скоротити час закладки палива встановлюють в схему буферну ємність, яка накопичує в себе певну кількість енергії, але слід враховувати і енергоспоживання будинку та виробничу потужність котла так як при малій потужності котла енергія в потрібному обсязі не збереться та ще буде дефіцит теплової енергії в будинку. Тому перед встановленням буферної ємності в схему котла поперше треба провести енергоаудит будинку та на підставі аудиту вже визначити об'єм буферної ємності та в загалі доцільність її встановлення.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Котли пелетні



Пелетні котли опалення - це твердопаливні котли, які використовують пелети, виготовлені з відходів деревини. Основна перевага таких котлів перед дров'яними полягає в тому, що подача палива в топку котла автоматизована, а це означає, що вони не потребують додаткового палива і можуть працювати автономно від декількох днів до місяця без втручання користувача, що є значною перевагою перед дров'яними котлами.

Але не слід забувати і про недоліки які у цих котлах теж присутні. Перший та мабуть самий вагомий це габарити пелетного котла що практично унеможлиблює встановлення його в будинку і потребує для встановлення окремого приміщення певного розміру так як для самого котла так і для пилет які фасуються частіше за всього у мішки або біггеги(мішок на 1,5м³).

Пілетний котел працює на спеціальній гранульованій деревині, яку називають пілетами. Місткість бункера у таких приладах впливає на тривалість їх роботи.

Крім простоти використання, пелетні котли є екологічно чистими, економічними та мають тривалий термін служби і вимагають мінімального обслуговування. Багато моделей можна використовувати з іншими видами твердого палива, але пелети є найбільш ефективними.

					601-МНТ.10578414.КМР	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пелетні котли відносяться до останнього покоління твердопаливних котлів, крім автоматики, оснащені рядом додаткових пристроїв для зручності використання, наприклад, пристроями дистанційного керування за допомогою яких керувати завантаженням та процесом горіння та розпалу котла можливо з мобільних телефонів і планшетів.

1.5. Рідкопаливні котли і принцип роботи

Принцип роботи рідкопаливних котлів такий же, як і газових приладів. Істотна відмінність тільки у використанні в якості палива дизельного пального або мазуту.

Турбопальник для рідкотоплевних котлів



Відмінною особливістю є обов'язкова установка пальника вентиляторного типу (пальники не завжди входять в стандартну комплектацію і часто купуються як додаткова опція). Пальники відрізняються, якщо котел працює на мазуті. Механізм пальника розпилює паливо під високим тиском і подає його в камеру згоряння за допомогою форсунки (де паливо розпилюється на найдрібніші краплі). Паливо змішується з повітрям, що подається турбіною, і запалюється в камері згоряння.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплообмінник рідкопаливного котла



Рідкопаливні агрегати завжди оснащені автоматичним регулятором, який керує пальником і циркуляційним насосом.

Рідкопаливні котли малої потужності (або побутові) мають менші розміри і не мають деяких додаткових елементів, характерних для промислових котлів.

Деякі рідкопаливні котли використовують як газове так і дизельне паливо.

Недоліки рідкопаливних котлів це: потребує постійного забезпечення електроенергією для роботи нагнітача та унеможлиблює його роботу у формажорних обставинах де електрозабезпечення потерпає найчастіше. Потребує окремого приміщення з відповідними вимогами з пожежної безпеки так як рідке паливо має властивість розливатись що може викликати спалах та пожежу. Паливо для цих котлів має неприємний або навіть різкий запах а також зберігатись повинно як найдалі від котла.

										Арк.
										17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ.10578414.КМР					

1.6. Котли комбіновані



Для максимальної зручності користувачів виробники котлів пропонують котли, які працюють на декількох видах палива. В кінцевому підсумку, котельні установки покликані забезпечити безперебійне теплопостачання будинків, котеджів, адміністративних і промислових приміщень. Можливість використання різноманітних джерел палива додатково забезпечує надійність системи опалення.

Комбіновані котли в поєднанні із бойлерами здатні нагріти достатню кількість гарячої води для задоволення потреб споживача. Однак є як і переваги так і недоліки основним недоліком комбінованих котлів є дуже висока вартість самого котла а також його габаритні розміри що унеможлиблює його змонтувати в звичайному замиському будинку та потребує окремого приміщення для установки котла так і для різних видів палива. Як частіше комбіновані котли встановлюють на сільськогосподарських підприємствах де саме ці види палива які використовує комбінований котел є відходами виробництва цього підприємства.

Порівняння котлів опалення за видом палива:

1. **Газові котли** – оптимальний вибір за наявності магістрального газу або зрідженого газу)

- (+) дешевизна використання
- (+) популярність
- (+) безліч варіантів виробників та вартості
- (-) необхідність постійної наявності газу
- (-) жорсткі вимоги до встановлення

									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-МНТ.10578414.КМР				

2. **Електричні котли** – оптимальний вибір за відсутності газу та наявності необхідної електропотужності

- (+) зручність, безпека та екологічність
- (+) невисока ціна
- (+) мінімальні вимоги до встановлення, не вимагають котельні
- (-) дорожня електроенергія
- (-) необхідна окрема надійна електропроводка з достатньою потужністю

3. **Твердопаливні котли** (дрова, вугілля, кокс тощо):

- (+) простий та надійний прилад
- (+) невисока ціна
- (-) необхідність димоходу та запасу палива
- (-) потрібне постійне завантаження палива та контроль

4. **Рідкопаливні котли** (дизельне паливо, мазут, гас тощо)

- (+) простий і недорогий прилад
- (+) не вимагає погодження при встановленні
- (-) підвищений шум при роботі
- (-) електрозалежність
- (-) проблеми в роботі при низьких температурах

5. **Комбіновані або Мультипаливні котли** – кілька видів палива одразу (газ, вугілля, рідке паливо тощо)

- (+) опалення без перебоїв
- (+) вибір найбільш вигідного виду палива на поточний момент
- (-) вища ціна, ніж у «моно» котла
- (-) закупівля кількох видів палива

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						19
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. Порівняльний аналіз різних видів палива та їх властивості

В цьому розділі ми розглянемо всі найбільш популярні на ринку види твердого палива та дамо їм характеристику для використання саме в твердопаливному котлі нашого типу а саме КСТ-12

Характеристики палива для опалювальних котлів досить різняться. Правильний вибір палива допомагає економити кошти та зберегти обладнання працездатним.

Основні види палива для твердопаливних котлів:

- Дрова
- Пелети (паливні гранули)
- Паливні брикети
- Вугілля

Опис основних видів палива для твердопаливних котлів

2.1. Дрова



Дрова - пиляні або колоті шматки дерева, призначені для спалювання в печах, камінах та інших агрегатах для отримання тепла, жару та світла.

Вміст вологи має бути як найменшим.

Камінні дрова мають довжину близько 25 – 33 см.

Пріоритетна характеристика дрова для камінів та печей – їх теплотворна здатність, тривалість горіння та комфорт при використанні (картина полум'я, запах).

Для опалювальних цілей важливо, щоб тепловиділення відбувалося повільніше, але триваліший час.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для опалювальних цілей найкраще підходять усі дрова з листяних порід, у тому числі: дуб, ясен, береза, ліщина, тис, глід.

Особливості горіння дров різних порід деревини:

- дрова з бука, берези, ясеня, ліщини важко розтоплювати, але вони можуть горіти сирими, тому що мають невелику вологість, причому дрова з усіх цих порід дерев, крім бука, легко розколюються;

- вільха та осика згоряють без утворення сажі і навіть випалюють її з димаря;

- березові дрова хороші для тепла, але при нестачі повітря в топці, горять димно і утворюють дьоготь (березову смолу), що осідає на стінках труби;

- соснові дрова горять з більшим виділенням тепла ніж ялинових через більший вміст смоли, з іскрінням при різкому підвищенні температури;

- дуб і граб мають кращу тепловіддачу при горінні, але погано розколюються;

- дрова з груші та яблуні легко розколюються та добре горять;

- дрова із порід середньої твердості, легко колоти;

- кедр дає багато вугілля, що довго тліє;

- дрова з вишні та в'яза при горінні димлять;

- дрова із платана легко розтоплюються, але важко колються;

- дрова хвойних порід мають низьку теплотворну здатність, димлять і іскрять, сприяючи утворенню смолистих шлаків у трубі, але легко колються та розтоплюються;

- тополя і липа добре горять, сильно іскрять і дуже швидко прогорають.

Показник теплотворної здатності дров різних порід деревини сильно змінюється, що тягне за собою коливання щільності деревини і коливання в перерахункових коефіцієнтах кубометр => складометр.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 Середні значення теплотворної здатності на 1 складометр дров.

Дрова (природне сушіння)	Теплотворна здатність, кВт * год / кг	Теплотворна здатність, мега Джоуль/кг	Теплотворна здатність, МВт * год / складометр	Об'ємна щільність, кг/дм ³	Густина, кг/складометр
Грабові дрова	4,2	15	2,1	0,72	495
Букові дрова	4,2	15	2,0	0,69	480
Ясеніві дрова	4,2	15	2,0	0,69	480
Дубові дрова	4,2	15	2,0	0,67	470
Березові дрова	4,2	15	1,9	0.65	450
Дрова з модрини	4,3	15,5	1,8	0,59	420
Соснові дрова	4,3	15,5	1,6	0,52	360
Ялинові дрова	4,3	15,5	1,4	0,47	330

1 складометр сухої деревини з листяних порід дерев замінює 200 - 210 л рідкого палива або 200 - 210 м природного газу.

Дрова є наросповсюдженим паливом для твердопаливних колтів та мають не дорогу вартість що обумовлює їх широке використання. Однак є і недоліки такі як: потреба в сухому приміщенні так як волога дров безпосередньо впливає на теплотворну здатність дров. Цей недолік відноситься до всіх видів твердого палива.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пелети



Пелети (паливні гранули) це натуральна сировина рослинного походження, яка пресується під високим тиском у циліндричні гранули стандартного розміру.

Сировиною для їх виробництва є кора, тирса, тріска та інші відходи лісозаготівлі, сільськогосподарські відходи (лушпиння соняшника, солома, не кондиційний льон тощо), органічні пакувальні матеріали та картонна тара.

Процес виробництва пелет складається з етапів подрібнення, сушіння та гранулювання.

Сировина подрібнюється в порошок (мілку тирсу), ретельно сушиться і пресується в гранули стандартного розміру за допомогою спеціального пристрою, який називається гранулятор.

Під час процесу гранулювання, який передбачає підвищення температури сировини, полімери лігніну, що містяться в клітинах рослинної сировини, міцно зв'язують подрібнені частинки в гранули відповідного зразка. Ніяких хімічних допоміжних речовин не використовується.

Продукт є легким, дешевим, зручним для зберігання і абсолютно безпечним паливом, що замінює традиційні види палива (вугілля, торф, дрова, природний газ).

Пелетні преси надають пелетам форму.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пелети є різновидом сучасного універсального біопалива і за ефективністю можна порівняти з вугіллям.

Види пелет за складом:

-Отримують шляхом переробки деревини листяних і хвойних порід;

-Солома.

-Перероблене соняшникове лушпиння

-Перероблені качани та стебла кукурудзи;

- Торф'яні пелети

Переваги пелет

-Екологічно чисте, відповідне зеленим технологіям паливо, вироблене з вторинної сировини, нешкідливе як для здоров'я людини, так і для навколишнього середовища: викиди вуглекислого газу (CO₂) в навколишнє середовище в 10-50 разів менші, ніж при спалюванні вугілля, а утворення золи в 15-20 разів менше;

-Можна виробляти з низькоякісної деревини в необмеженій кількості,

-Низька вартість порівняно з ціною вугілля, рідкого палива та дров,

-Легко транспортується, може перевозитися в мішках або навалом і вивантажуватися в рукавах, які можуть бути автоматизовані;

-Не потребує великих складських площ і може зберігатися на відкритому повітрі без розбухання та гниття,

-Не займається під час зберігання,

-Вища теплотворна здатність, ніж у газу або вугілля.

-Вища теплотворна здатність, ніж у тирси або тріски в 1,5 рази вища, ніж у дров,

-При спалюванні 1,9 тонни пелет утворюється майже такаж теплота згоряння, як і при спалюванні 1 тонни мазуту а на внутрішньому ринку пелети втричі дешевші ніж мазут.

-Практично повне згоряння і мінімальна кількість шлаку дозволяє значно зменшити частоту чистки котла,

-Упромислових умовах подачу пелет в топку можна автоматизувати,

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-Управління побутовими опалювальними приладами що використовують пелети мають автоматичне управління топкою може та можуть бути оснащені автоматизованим управлінням.

-коливання цін нижчі за рахунок власного виробництва,

-Пелетні котли працюють довше, потребують менше обслуговування і є більш економічними,

Застосування пелет:

-Опалення житлових приміщень шляхом спалювання в печах, камінах і котлах,

-тепло-та електропостачання промислових підприємств і невеликих населених пунктів (з використанням великих пелет з високим вмістом деревної кори).

Попит на це альтернативне паливо та обладнання для його виробництва і спалювання постійно зростає.

Таблиця2 Порівняльні характеристики видів палива

Вид палива	Теплота спалювання МДж/кг	%сірки	% золи	Вуглекислий газ кг/ГДж
Кам'яне вугілля	15 - 25	1-3	10 - 35	60
Двигунне паливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	42	1,2	1,5	78
Тріска деревна	10	0	2	0
Гранули дерев'яні	17,5	0,1	1	0
Гранули торф'яні	10	0	20	70
Гранули із соломи	14,5	0,2	4	0
Природний газ	35 - 38 МДж/ м ³	0	0	57

Примітка:

«0» означає, що при спалюванні продукту кількість CO₂, що виділяється, не перевищує обсягу, який утворюється при природному розкладанні, а кількість інших шкідливих викидів дуже мало.

1. Вимірювання теплоти згоряння Ккал/кг. 1 калорія - це кількість тепла необхідне для нагрівання 1 г води на 1 °С. 4,500 Ккал/кг (4,500 Ккал/кг) - теплота згоряння 1 кг палива Ккал.

2. Вимірювання теплоти згоряння МДж/кг. Системна міжнародна теплова одиниця. 1 Калорія = 4,19 Джоуля, 4,500 Ккал/кг * 4,19 Дж = 18,855 МДж/кг - теплота згоряння 1 кг палива у Джоулях.

3. Вимірювання теплоти згоряння у Квт*годину. 5,238 Квт* год/кг - теплота згоряння 1 кг палива, виміряна в «електротехнічних одиницях». Кількість енергії, що виділяється в секунду (тобто теплова потужність) = 18855000 Дж /3600 сек = 5238 Дж/сек = 5,238 Квт * год.

Таблиця3. Тепловіддача пелет та альтернативних джерел енергії

Вид палива	Теплова здатність, ккал/кг
Пелети	4500
Дрова	2500
Вугілля деревне	7500
Кам'яне вугілля	7400
Мазут	9800
Дизельне паливо	10200
Природний газ	8300

Стандарти виробництва пелет:

- у США: Standard Regulations & Standards for Pellets in the US: The PFI (pellet), яким дозволено виробництво пелет сортів Преміум та Стандарт. Преміум, що становить близько 95% пелет, що виробляються в США, - не більше 1 % золи, а Стандарт - не більше 3 %. Преміум може використовуватись для опалення будь-яких будівель. Сорт Стандарт містить більший обсяг кори чи сільськогосподарських відходів. Стандарти визначають також щільність, розміри пелет, вологість, вміст пилу та інших речовин.

- у Німеччині : DIN 51731, в Австрії : ONORM M-7135, у Великобританія : The British BioGen Code of Practice for biofuel (pellets), Швейцарія : SN 166000, Швеція :SS 187120.

Таблиця4 Основні європейські стандарти якості паливних гранул

Параметр	DIN 51 731	O-Norm M-7135	DINplus	SS187120
	Німеччина	Австрія	Німеччина	Швеція
Діаметр (мм)	4-10	4-10		
Довжина (мм)	< 50	< 5*d	< 5*d	< 5*d
Щільність (кг/дм ³)	> 1,0-1,4	> 1,12	> 1,12	Ні
Вологість (%)	< 12	< 10	< 10	< 10
Насипна маса (кг/м ³)	650	650	650	650
Брикетний пил (%)	Ні	< 2,3	< 2,3	Ні
Зольність (%)	< 1,5	<0,5	<0,5	< 1,5
Теплота згоряння (МДж/кг)	17,5-19,5	> 18	> 18	> 18

2.2. Брикети паливні.



Паливні брикети - це спресовані відходи деревообробки (стружка, тріска), відходи сільського господарства (солома, лушпиння соняшникового насіння, гречки), а також торфу.

Сполучна речовина - натуральний полімер лігнін. Хімічні сполучні домішки не використовуються.

Паливні брикети активно використовуються для опалення приватних будинків у різних типах топок (печах), дров'яних казанах, камінах, при приготуванні їжі на грилі.

Переваги паливних брикетів:

- екологічно чистий продукт, матеріалом якого в повному обсязі є природна сировина, а
- не піддаються впливу грибків,
- горять довше, ніж дрова у 2-4 рази,
- зручно зберігати та використовувати.
- висока порівнянна з кам'яним вугіллям теплотворність, у середньому в 2 рази більша, порівняно зі звичайними дровами,
- Постійна температура на кожному етапі горіння за рахунок рівного полум'я,

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вміст золи після згоряння – 1-3%. Для порівняння: вміст золи після згоряння кам'яного вугілля - 30-40%, дров-8-16%, тріски-11-18%,

- сучасні твердопаливні котли на брикетах можна чистити не частіше ніж 1 раз на рік,

- золу можна використовувати як екологічно чисте добриво,

- чадний газ не виділяється та інші шкідливі речовини не утворюються,

- Витрати на опалення нижче, ніж у разі використання кам'яного вугілля або дров.

Тип паливних брикетів:

- RUF-брикети - у формі найбільшої цегли прямокутної форми,

- NESTRO-брикети - брикет циліндричної форми, іноді з радіальним отвором усередині,

- Pini&Kaу-брикети - брикет, що має 4, 6 або 8 граней з поздовжнім радіальним отвором усередині.

Паливні брикети мають більш універсальне використання так як їх можливо використовувати і в звичайних котлах для твердого палива в печах та камінах та під їх габаритні розміри не потребують переобладнання зольника та топки (камери горіння)

2.3. Вугілля



Вугілля - це горюча осадова порода рослинного походження, що складається в основному з вуглецю та інших хімічних елементів.

Склад вугілля залежить від віку умов та фракції вугілля:

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- буре вугілля – най молодший,
- кам'яне вугілля,
- Антрацит – най старший.

У міру старіння відбувалася концентрація вуглецю та зниження вмісту легких складових, зокрема вологи.

Буре вугілля має вологість 30-40%, більше 50% легких компонентів, у антрациту ці 2 показники становлять 5-7%.

Вологість кам'яного вугілля-12-16%, кількість легких компонентів - близько 40%.

Вугілля також містить різні негорючі золоутворюючі добавки "породу". Яка під час процесу горіння перетворюється в золу.

Зола забруднює довілля і спікається в шлак на колосниках, що ускладнює горіння вугілля.

Наявність породи зменшує питому теплоту згорання вугілля.

Залежно від сорту та умов видобутку кількість мінеральних речовин відрізняється дуже сильно, зольність кам'яного вугілля близько 15% (10-20%).

Шкідливим компонентом вугілля також є сірка, у процесі згорання якої утворюються оксиди, які у повітрі перетворюються на сірчану кислоту.

Таблиця 5 Питома теплота згорання (вугільного концентрату)

Вид вугілля	Питома теплота згорання вугілля	
	кДж/кг	ккал/кг
Бурий	14 700	3500
Кам'яний	29 300	7 000
Антрацит	31 000	7 400

Реальні цифри можуть суттєво відрізнятися.

Донбаське кам'яне вугілля - 5000-5500 ккал/кг. .

Щільність вугілля 1 - 1,7 (кам'яне вугілля - 1,3-1,4) г/см³ залежно від виду та вмісту мінеральних речовин.

Використовується показник «насипна густина», що становить близько 800-1000 кг/м³.

Види та сорти вугілля

Вугілля класифікується за багатьма параметрами (географія видобутку, хімічний склад), але з «побутової» точки зору достатньо знати маркування та можливості використання.

Використовується така система позначень вугілля: Сорт = (марка) + (клас крупності).

Таблиця 6 Система позначень вугілля.

	Бурі	Б
Кам'яні	Довгополум'яні	Д
	Газові	Г
	Жирні	Ж
	Коксові	До
	Отощено-спекаючіеся	ОС
	Слабоспикний	СС
	Худі	Т
Антрацити		А

Крім основних марок, є проміжні марки кам'яного вугілля: ДГ (довгополум'яно-газові), ГР (газові жирні), КР (коксіві жирні), ПА (напівантрацити), буре вугілля також діляться за групами.

Коксівні марки вугілля (Г, кокс, Ж, К, ОС) в теплоенергетиці практично не використовуються, оскільки вони є дефіцитною сировиною для коксохімічної промисловості.

Таблиця 7 Класифікація по класу крупності (розміру шматків, фракції) сортове кам'яне вугілля поділяється на:

П	Плитний	більше 100 мм
До	Великий	50-100 мм
Про	Горіх	26-50 мм
М	Дрібний	13-25 мм
З	Насіння	6-13 мм
Ш	Штиб	менше 6 мм
Р	Рядовий	не обмежений розмірами

Крім сортового вугілля у продажу є суміщені фракції та відсів (ПК, КО, ОМ, МС, СШ, МСШ, ОМСШ).

Розмір вугілля визначають виходячи з меншого значення найдрібнішої фракції та більшого значення найбільшої фракції, зазначених у назві марки вугілля.

Наприклад, фракція ЗМ (М - 13-25, Про - 25-50) становить 13-50 мм.

Крім зазначених сортів вугілля у продажу можна зустріти вугільні брикети, які пресують із низькозбагаченого вугільного шламу.

Процес горіння вугілля.

Вугілля складається з 2^x горючих компонентів: легкі речовини та твердий (коковий) залишок

На 1-му етапі горіння виділяються легкі речовини; при надлишку кисню вони швидко згоряють, даючи довге полум'я, але невелику кількість тепла.

На 2-му етапі вигоряє коковий залишок; інтенсивність його горіння та температура займання залежить від ступеня фракції вугілля, тобто від виду вугілля (бурий, кам'яний, антрацит).

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чим вище ступінь фракції вугілля (найвища вона в антрациті), тим вище температура займання і теплота згоряння, але нижче інтенсивність горіння.

Вугілля марок Б, Д, Г через високий вміст легких речовин таке вугілля швидко розгоряється і швидко згоряє.

Вугілля цих марок доступне і придатне практично для всіх видів котлів, проте для повного згоряння це вугілля повинно подаватися маленькими порціями, щоб летючі речовини, що виділяються, встигали повністю з'єднуватися з киснем повітря.

Повне згоряння вугілля характеризується жовтим полум'ям та прозорими димовими газами; неповне згоряння легких речовин дає багряне полум'я та чорний дим.

Для ефективного спалювання такого вугілля процес має постійно контролюватись.

Вугілля марок СС, Т, А розпалити його важче, зате він горить довго і виділяє набагато більше тепла. Вугілля можна завантажувати великими партіями, тому що в них горить переважно коксовий залишок, немає масового виділення легких речовин.

Дуже важливим є режим подачі повітря, оскільки при нестачі повітря горіння відбувається повільно, можливе його припинення, або, навпаки, надмірне підвищення температури, що призводить до винесення тепла і прогорання котла.

Вугілля дуже гарне паливо для твердопаливних котлів, хоча є особливості для розпалу так як сам по собі вугілля не горить тому як для горіння, вугілля повинно набрати певної температури.

Після огляду різних видів палива хотілося б підвести підсумки та для кращого огляду характеристик видів палива додаю таблицю де вказана питома теплота згоряння різних видів палива.

Теплотворна здатність палива характеризує кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні палива масою 1 кг або об'ємом 1 м³ (1 л).

Найчастіше теплотворна здатність вимірюється Дж/кг (Дж/м³; Дж/л).

Чим вище питома теплота згоряння палива, тим вища ефективність цього палива.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						34
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Питома теплота згоряння кожного виду палива залежить:

- від його горючих складових (вуглецю, водню, летючої горючої сірки та ін.);
- від його вологості та зольності.

2.5. Можливість використання та утилізації твердих побутових відходів (ТПВ)

Можливість використання та отримання теплової енергії в децентралізованих системах тепlopостачання дуже актуальна так як деякі види твердих побутових відходів мають велику теплотворну здатність і в великому обсязі використовуються у громадському побуту. У приватних домових господарствах які обладнані твердопаливним котлом, каміном або піччю щільно використовується папір, поліетилен та інші тверді побутові відходи за допомогою яких можливо отримати певну кількість теплової енергії.

Все, що виробляється людством задоволення його потреб у вигляді продуктів харчування, одягу, меблів, машин, т. е. усе, що видобувається, будується, випускається промисловістю і вирощується сільським господарством, - рано чи пізно перетворюється на відходи. Велика частка цих відходів видаляється разом зі стічними водами, інша частина у вигляді газів, пари та пилу потрапляє в атмосферу, але більша частина викидається у вигляді твердих відходів. Тому розвиток безвідходного виробництва (за замкненим циклом), що значно скорочує кількість промислових відходів, зокрема твердих, є актуальною проблемою.

У цьому замкнутому циклі найбільш особливе місце займають тверді побутові відходи (ТПВ), оскільки вони є кінцевими відходами будь-якої діяльності людини, і вони завжди утворюються незалежно від його виробничої діяльності. Зі зростанням використання пластмасового та поліетиленового пакувального матеріалу, одноразового посуду та ін., небезпека ТПВ зростає практично для всіх екосфер. Відсоток вмісту поліетилену в ТПВ постійно зростає і наближається до 50% за обсягом. Поліетилен тривалий час не розкладається та сприяє стихійним накопиченням ТПВ у не встановлених місцях:

- вздовж автошляхів;

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- у місцях неорганізованого відпочинку на природі;
- біля сільських та дачних поселень;
- у поверхневих водоймах.

Це ставить природу в екологічно небезпечні умови, відповідно до людини та загалом приносить дуже величезну шкоду як екосистемі так і приносить дуже негативний естетичний вигляд як нашої країни та світу в загалі.

Всі ці матеріали хімічного походження з часом починають розкладатися та негативно впливаючи на всі екосфери своїми хімічними інгредієнтами, погіршуючи стан природного середовища.

Екологічна безпека поводження з ТПВ на рівні муніципальних утворень не забезпечується. Наприклад, по середньому місту такому як Полтава, з населенням 300 000 чоловік, утворюватиметься 90000000 кг ТПВ на рік , а на добу 250000 кг, за умови щоденного вивезення на звалище. З урахуванням різних проблем вивезення ТПВ на звалище здійснюється в середньому один раз на 3 дні, отже, щодня у місті розосереджено 750000 кг ТПВ. Це - звалище, розосереджене навколо міста, а також часто ТПВ горять у баках, забруднюючи атмосферу та утворюють дуже неприємний сморід навколо себе.

Так, наприклад, використовуючи повторно десять мільйонів тонн паперу в паперовій промисловості, буде збережено мільйони дерев, тобто цілі ліси, які є легеньми міст і всієї планети. Або з харчових відходів одержувати етиловий спирт для використання паливом у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) як виключно екологічно чисте. Не важко порахувати, якщо з однієї тонни харчових відходів отримувати 100 літрів етилового спирту, то зі 110 000 000 тонн вийде паливо, на якому їздитимуть сім мільйонів легкових автомобілів протягом року. Виробник продукції є джерелом утворення твердих побутових відходів (ТПВ) та твердих виробничих відходів (ТПО), що разом будуть твердими відходами споживання цього виробника (підприємства).

У всьому світі переробка та утилізація побутових відходів стають дедалі більш злободенною проблемою. Головним чином це стосується так як і великих густонаселених міст так і малих населених пунктів де щорічно накопичуються

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

велика кількість усіляких твердих побутових відходів (ТПВ). На жаль, утилізація сміття залишається однією із глобальних проблем людства.

Населення Землі щорічно збільшується, а разом з ним зростає і кількість відходів, які потребують своєчасного вивезення та утилізації (один із методів утилізації це спалювання для отримання теплової енергії).

Ми також в свої дипломній роботі не маємо права обійти цю проблему стороною при тому що як теплоенергетики повинні не втрачати можливості та розробляти можливість отримання теплової енергії з усього де це можливо на сьогоднішній день.

Одним із важливих факторів зниження об'єму ТПВ є їх скорочення а саме за рахунок роздільного сортирування та утилізації ТПВ за рахунок спалювання та отримання додаткової теплової енергії.

Як видно з додатку №2 то ТПВ мають дуже високий енергетичний потенціал який мільйонами тонн просто неба лежить на звалищах в той час коли країна потребує максимальної консолідації та концентрації енергоресурсів.

Теплотворна здатність деяких побутових відходів відповідає бурому вугіллю. У середньому вона коливається від 1000 до 3000 ккал/кг.

Виявлено також, що з теплотворної здатності 10,5 т сміття еквівалентні 1 т нафти, за калорійністю побутові відходи поступаються вугіллям у 2 рази. Приблизно 5 т ТПВ виділяє при згорянні стільки ж тепла, скільки 2 т вугілля або 1 т рідкого палива.

3. Висновок з огляду літератури.

Зважаючи на сьогоднішній стан енергосистеми та проблем в теплопостачанні в де яких регіонах, хочу зазначити що для всієї країни надважливим питанням є забезпечення населення та найбільш незахищеним об'єктам соціальної інфраструктури таким як: дитячі садки, пункти незламності (обігріву) а також для потреб ЗСУ теплом. Але навіть якщо не торкатися теми з нестачею газу, навіть довоєнні тарифи все одно не по кишені багатьом українцям, п'ять мільйонів з яких, за даними Міжнародної організації ООН, залишаються без роботи. За деякими

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оцінками рівень оплати за комунальні послуги сягають від 10 до 75% від заробітної плати громадян.

І тому вважаю актуальним питання дослідження різних видів твердого палива для твердопаливних котлів та інших агрегатів на різних видах саме твердого палива та забезпечення потреб населення теплом завдяки мобільним та твердопаливним котлам тому як для роботи твердопаливного котла не потрібно централізоване газопостачання а також при характерній обв'язці та монтажу системи опалення і електропостачання.

4. Оціка видів палива для досліджень.

У своїх дослідженнях ми будемо використовувати такі види палива як

Брикети із лопушиння соняшника

Вугільні брикети

Дрова із сосни а також у невеликій кількості різновид (ТПВ) а саме папір картон та поліетилен що із всіх відходів нам у побуті найчастіше зустрічається.

Топити печі та твердопаливні котли можна не лише вугіллям або дровами. Все популярнішими стають паливні брикети з відходів сільгоспвиробництва. Для їх виготовлення використовується лушпиння (лушпиння) соняшника, гречки, рису, переробляється солома, шкаралупа горіхів тощо. Особливості сучасної технології такі, що найчастіше формування паливного брикету відбувається за рахунок тиску без додаткових сполучних елементів. При пресуванні із сировини виділяється одна із складових - лігнін, який і забезпечує міцність брикету.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						38
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4.1. Паливні брикети із лушпиння соняшника



Паливні брикети з лушпиння. Горять довго та виділяють багато тепла

При всій різноманітності вихідної сировини популярніші брикети з лушпиння соняшника. Це пов'язано з великою кількістю тепла, що виділяє таке паливо під час згоряння.

Переваги та недоліки брикетів з лушпиння

Крім великої кількості тепла, приваблює в брикетах їх щільність. Чим це так добре? По-перше, ви заощаджуєте на доставці (плату зазвичай беруть за обсяг). По-друге, чим компактніше паливо, тим легше його зберігати. По-третє, якщо порівнювати з дровами, то при закладці однакової кількості дров та брикетів (навіть чи ви міряєте дрова кілограмами, адже закладають котел за обсягом, та й продають дрова кубометрами) отримуєте від брикетів більше тепла, ніж навіть від найкращих дров. За даними ВНДІ ТП теплом від спалювання 1кг брикетів із лушпиння соняшника протягом 1 години можна обігріти площу 50м².

У таблиці8 нижче ви побачите скільки тепла виділяє паливо. Потрібно сказати, що паливні брикети далеко не на останньому місці, але з лушпиння практично поза конкуренцією.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8 Порівняльні характеристики брикетів із лушпиння соняшника з іншими видами палива.

Паливо	Питома теплотворна здатність, МДж	Питома теплотворна здатність, кВт/год
Соснові дрова	8,9	2,47
Дубові дрова	13	3,61
Березові дрова	11,7	3,25
Брикет із лушпиння соняшника	18,09	5
Брикет із соломи	14,51	4
Брикет із деревної стружки	17,17	4,7
Вугілля кам'яне (W=10%)	27	7,5
Вугілля буре (W=30...40%)	12,98	3,6

Зручно брикети підкладати в топку: поверхня у них гладка, скалка, на відміну від дров, собі не заженеш, руки, як при роботі з вугіллям, не забрудниш. Є ще одна перевага: не потрібно вдосконалити чи переробляти казан. Топили дровами? Просто купуєте брикети та використовуєте замість дров.

Ще один плюс брикетів з лушпиння соняшника тривалість горіння: горять вони хвилин сто сто тридцять, а тліють і зовсім шість, а то й вісім годин. Чималий плюс - мала зольність: після спалювання кілограма цього брикету залишається попелу з сірниковою коробкою або трохи більше (залежить від якості, але у нормальних брикетів зольність знаходиться в межах 4-7%), звідси і велика кількість тепла, що виділяє одиниця палива: перегорає воно повністю. Зола, що утворилася після згоряння, – відмінне добриво, і її можна виносити на грядки.

Циліндричні брикети з лушпиння соняшника. Вони гірше переносять перевезення, але горять добре

Тепер про недоліки. Нестача, по суті, одна: будь-які брикети (і з лушпиння теж) бояться вологи і при намоканні можуть розсіпатися. Тому вимогливі до місця зберігання: повинні ховатися під дахом у сухому приміщенні.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Часто як недолік називають високу ціну. Якщо дивитися на вартість кілограма, то ціна справді чимала. Але якщо поррахувати вартість одного кіловата енергії, картина виходить інша. Бажаєте переконатися? Дізнайтеся ціну кілограма дров, вугілля, брикетів тощо. Цю величину поділіть на кількість кіловат/годин з таблиці. Отримайте вартість кіловата тепла по кожному виду палива. Ми могли б зробити самі, але ціни в різних регіонах – різні, та й ситуація на ринку стрімко змінюється.

Можна зустріти думку, що паливні брикети лушпиння соняшника засмічують димар оскільки містять багато олій. Якщо він сконструйований неправильно або несправний, можливо. За наявності нормальної тяги котел працює анітрохи не гірше, ніж із дровами і чистити димар потрібно не частіше.

Якщо розглядати використання брикетів з лушпиння соняшнику з погляду екології, то це також очевидне благо: при спалюванні лушпиння виділяється стільки ж вуглекислого газу, скільки при розкладанні деревини. При спалюванні газу CO_2 виділяється у 15 разів більше, при спалюванні коксу – у 30 разів більше, вугілля – у 50 разів більше. Викиди інших шкідливих речовин дуже малі, адже їх у вирощеному в нормальних умовах продукті просто не повинно бути, а сторонніх добавок технологія не передбачає.

Виготовляють паливні брикети трьох різних форм, які зазвичай називають фірмою, що першою постачала на наш ринок обладнання для брикетування кожної з форм: NESTRO (нестро), RUF (раф), Pini-Kay (піні-кей). Розрізняють брикети за принципом пресування.

Екструдерні брикети. Цей вид найпопулярніший на внутрішньому ринку: паливо, вироблене за такою технологією, зручно підкладати в топку вручну. Характеризуються наявністю всередині отвору та оплавленою зовнішньою поверхнею. Вся справа в тому, що пресування відбувається при досить високій температурі (до $350^{\text{про}} \text{C}$), в результаті зовнішня поверхня брикету оплавляється, утворюючи жорстку плівку, яка підвищує міцність брикету. Тому вони краще переносять транспортування. Брикети цього типу з лушпиння соняшника мають

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

темну глянсову поверхню. Продукти високої якості на зовнішній поверхні тріщин немає.

Циліндричні брикети . Сировина ущільнюється ударно-механічними пресами. З установки виходить безперервною смугою, яку потім можна ділити на шайби, шматки тощо. Форма може бути будь-яка - кругла, квадратна, багатокутна (підбирається під запити замовника). На брикетах цього типу видно зони більшої і меншої щільності (через особливості роботи преса).

Прямокутні брикети . Виходять у результаті роботи гідравлічних пресів, їх щільність залежить від рівня пухкості вихідної сировини.

Основний показник якості брикету з лушпиння (і будь-якого іншого теж) - його щільність. Чим щільніше паливо, тим більше тепла видає. Наприклад, брикет густини 750кг/м^3 тепла видасть 14МДж/кг , густини 1300кг/м^3 – 31МДж/кг . Відіграє роль та вологість вихідної сировини. При вологості 4-10% виходить паливо з оптимальними характеристиками міцності, при високій вологості на поверхні з'являються тріщини і брикет може розвалитися. Тому при виборі звертайте на цілісність зовнішньої поверхні: наявність тріщин говорить про низьку якість і недостатньо високу теплотворну здатність.

4.2. Вугільні брикети



					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вугільні брикети невеликі брикети у вигляді чорних циліндрів або таблеток виготовляють із вугільного відсіву – відходів вугільної промисловості. Відсівання додатково перемелюють, розбавляють сполучними добавками, пресують. Підходить для топки печей, і для мангалів. Має успіх у власників невеликих кафе, барів, дорожніх ресторанчиків. Технологія виготовлення вугільних брикетів зберігає колір і фізичні властивості матеріалу, проте пресовані вироби не залишають слідів і не бруднять руки та одяг так, як кам'яне вугілля. Диму та чадного газу перероблена сировина виділяє набагато менше, ніж його основа – натуральне кам'яне вугілля. Можна використовувати й у приватному господарстві, але набагато частіше вугільну продукцію закупають підприємства із котельним обладнанням. Час горіння в топці – 6-7 годин, якщо налагоджено систему подачі повітря – до 10 годин, тобто існує можливість тривалий час підтримувати постійну температуру. Тепловіддача – 5200 ккал. Кількість золи в порівнянні з іншими брикетованими продуктами велика - 28%, але це набагато менше, ніж обсяг шлаку при звичайному вугільному опаленні. Кількість відходів горіння вугільних брикетів повністю залежить від компонентів, що входять до їх складу: вугільної крихти, антрацитів, бурого вугілля, коксових та напівкоксів частинки особливо популярними є вугільні брикети для опалення в регіонах, де відбувається видобуток «чорного золота». Переплачувати за транспортування не потрібно, тож ціни на паливо демократичні.

4.3. Дрова



					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сьогодні для розпалювання печей та камінів використовують брикети, пелети та інші види палива. Але традиційні дрова продовжують зберігати свою актуальність. Вони доступні за ціною, широко поширені та ефективні в отриманні тепла.

Дрова часто використовують для банних печей та для домашніх камінів. До речі, останні у наш час більше використовують не для обігріву простору, а для створення затишного та гармонійного інтер'єру. Перш ніж купувати дров, потрібно розібратися з тим, які породи деревини дають більше тепла і є безпечними для опалювальних приладів. Одним з найпопулярніших видів дерева вважається сосна.

Переваги хвойних порід

Дрова, заготовлені із сосен, відрізняються високою швидкістю згоряння. Вони швидко розгоряються та миттєво віддають тепло. За рахунок цього позначка термометра, що показує кімнатну температуру, починає та швидко підніматися вгору.

Серед інших переваг деревини хвойних порід варто відзначити:

- високу теплотворність - близько 4920 ккал;
- велика кількість виділяється водяної пари (близько 3 літрів від згоряння 1 кг сухих дров);
- випаровування ефірних олій та його швидке поширення повітря (тонізують організм, вбивають небезпечні мікроорганізми).

Теплота спалювання

Деякі покупці дров віддають перевагу іншим видам деревини, тому що вважають, що сосна віддають мало енергії. Насправді кількість тепла, що отримується при згорянні дерева, залежить не від його породи, а від кількості та ступеня вологості. Згідно з результатами випробувань, кількість тепла, що виділяється при згорянні однакової кількості дров різних порід, приблизно однакова. Різниця показників зовсім незначна і не заслуговує на особливу увагу.

Дров'яне опалення. Питома теплота згоряння сухого та вологого дерева. Теплотворність дров та практичне тепловиділення сухих та вологих дров

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при пічному опаленні. Об'ємна теплотворність дров. Жаропродуктивність, температура горіння дерева (дров). Для розрахунків: $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3,6 \text{ МДж} = 3600 \text{ кДж} = 860 \text{ ккал}$

Теоретично, в ідеальних умовах, при згорянні ідеально сухого дерева (дров) можна досягти виходу тепла близько $20,000 \text{ кДж/кг} = 5,5 \text{ кВт} \cdot \text{годин/кг}$. Проте, реально досяжні величини тепловиділення для дерева значно нижчі (передбачається 20% вологість дерева).

Живе дерево – (не в посуху) має вологість близько 100% (більше не буває). Розпиляне (не обов'язково наколоте) дерево сохне за 1 рік на повітрі до вологості 20% - це і є "дерево" у розумінні різних довідників нормальної вологості. При згорянні дров вся ця волога розігривається до температури вихідних газів (дим) і знижує таким чином тепловиділення.

Таблиця 9: Тепловиділення вологого та сухого дерева при згорянні:

Вологість дерева, %	Питома теплота згорання за обсягом, %	Питома теплота згорання за вагою (масою), %
0 (лабораторні умови)	100	100
20 (сухе)	97	81
50 (недосушене)	92	62
100 (свіжі дрова)	85	42

осика	1002-1729	4195-7239	1,17-2,01
липа	1046-1775	4380-7432	1,22-2,06
тополя	839-1370	3515-5736	0,98-1,59
верба	1128-1840	4723-7704	1,31-2,14

Таблиця 12: Температура горіння ("жаропродуктивність") різних порід дерева (деревини)

Порода	Жаропродуктивність (100%-максимум)	Температура горіння, тах
Гірський клен	100%	1200°C
Бук	87%	1044°C
Ясень	87%	1044°C
Граб	85%	1020°C
Глід	82%	984°C
Зимовий дуб	75%	900°C
Модрина	72%	864°C
В'яз	72%	864°C
Літній дуб	70%	840°C
Береза	68%	816°C
Ялиця	63%	756°C
Акація	59%	708°C
Липа	55%	660°C
Сосна	52%	624°C
Осика	51%	612°C
Вільха	46%	552°C
Верба	40%	480°C
Тополя	39%	468°C

У своїх дослідженнях ми будемо використовувати породи різних дров. У малих домогосподарствах та пунктах обігріву не завжди є можливість запаси дров певної породи та використовується в цілому дрова різного асортименту в цьому і полягає дослідження а саме дослідження спалювання різних видів палива та отримання від спалювання теплової енергії. На сьогоднішня стан теплоенергетики на дуже складному навіть критичному рівні вимагає від кожного отримання та можливості використання різних видів палива та впровадження нових на які ми при нормальному житті взагалі раніше не використовували та не розглядали як енергоресурс.

4.4. Використання ТПВ у дослідженні

В кожній родині за добу скупчується до 0,5 кг ТПВ це картон, поліетилен та інші побутові відходи з яких можливо отримати певну кількість енергії хоча спалювання ТПВ не є самим екологічним видом утилізації відходів але потрібно оцінювати ситуацію різних аспектах. Коли сміття складається в одну ємність органічне сміття та ТПВ яке можливо утилізувати та отримати ще і користь від спалювання а з іншої сторони це просто вивезеться на сміттєзвалище (вигорнеться в величезну купу) що на далі ускладнить переробку цих відходів. Я вважаю що за наявної можливості переробки відходів треба не виключати такої можливості та використовувати її в повному обсязі. Основою нашої дослідницької установки є твердопаливний котел марки «КСТ-Т-12» в якому є можливість спалювання не тільки твердого палива такого як: дрова, вугілля, брикети а і у малих частках ТПВ.

5. Опис установки та її силових агрегатів

Для досліджень на твердих видах палива та отримання теплової енергії на кафедрі «теплогазопостачання та вентиляції» Національного Університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за умов кропіткої праці усього дружнього колективу кафедри було створено енергетичну установку на базі твердопаливного котла «КСТ-Т-12» для твердих видів палива. Створення та проектування енергетичної установки на кафедрі було важливою задачею як для студентів і викладачів хоча це зайняло певну кількість часу. Саме для того щоб забезпечити потреби кафедри в енергетичній установці для кращого сприйняття

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформації про процеси горіння та візуалізації для студентів при лабораторних дослідженнях.



Принципова схема під'єднання вузлів та агрегатів

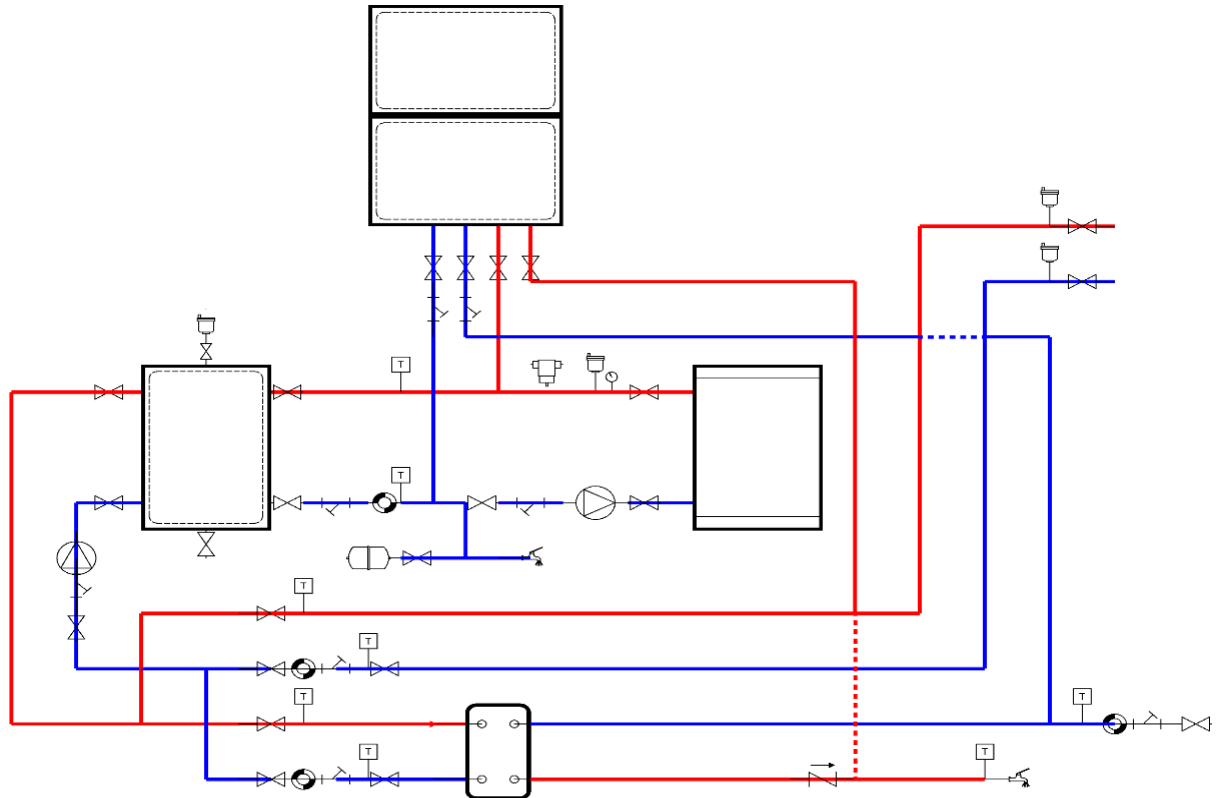
Енергетична установа складається із котла «КСТ-Т-12» паралельно підключеного до нього газового котла “Junkers” що в свою чергу дає змогу користуватись кожним з цих котлів незалежно один від одного та буферної ємності для буферизації та накопичення надлишкової теплової енергії.

Схема у своєму складі має два циркуляційних насоси перший який забезпечує циркуляцію теплоносія між твердопаливним котлом та гідрострілкою другий насос забезпечує циркуляцію між гідрострілкою та приймачами теплоносія такими як пластінчастий теплообмінник ГВС який нагріває воду із централізованого водопостачання та кондиціонер який знаходиться у сусідній аудиторії та за рахунок теплообмінника нагріває повітря.

В схемі для кращого відображення теплообмінних процесів та розрахунку теплообміну на трубопроводах встановленні лічильники для врахування теплоносія а також чималу кількість поргужних термометрів часового типу для відображення руху теплообмінних процесів.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема гідравлічної обв'язки енергогенеруючої установки.



Котел опалювальний водогрійний КС-Т-12/16/25



Котел опалювальний водогрійний КС-Т-12/16/25 твердопаливний з робочим тиском води в системі опалення до 0,1 МПа (1,0 кгс/см²) з максимальною температурою води на виході з котла в системі опалення до 95°С, призначений для опалення індивідуальних житлових будинків та будівель комунально-побутового призначення, обладнаних системами водяного опалення з природною або примусовою циркуляцією теплоносія.

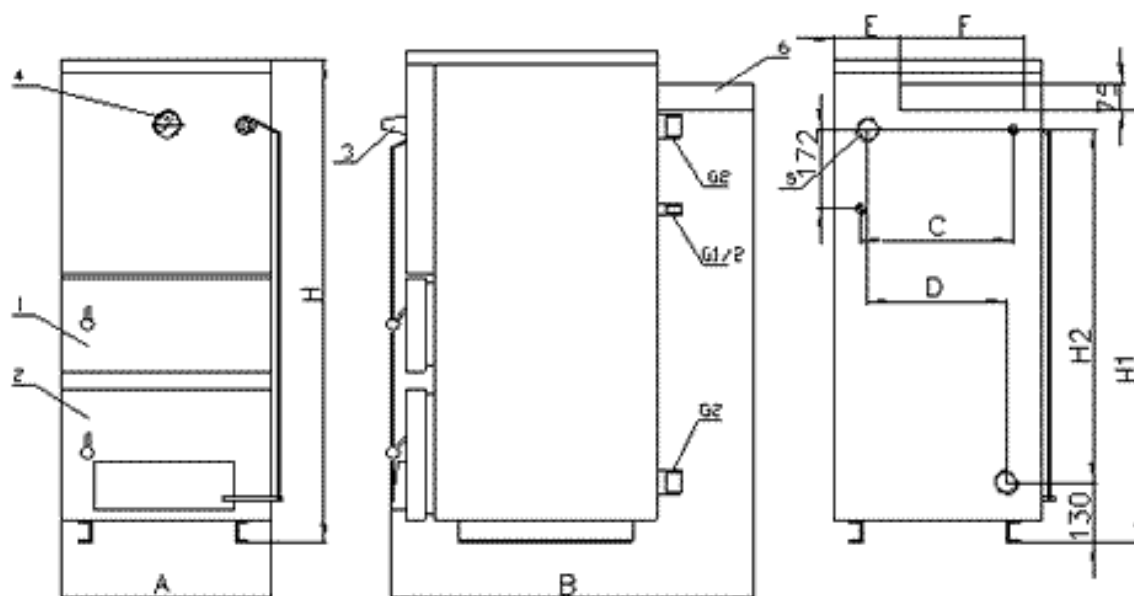
Таблиця 13: Технічні характеристики котла КСТ-12-Т

Найменування параметра	Норма			
	КС-Т-12	КС-Т-16	КС-Т-25	
1 Номінальна теплопродуктивність, кВт	12 ± 1,2	16 ± 1,6	25 ± 2,5	
2 ККД, %, не менше	80			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>				Арк. 50

3	Діапазон регулювання теплоносія, °С	40-90		
4	Витрата палива (для антрациту), кг/година	2,5	3,0	3,5
5	Тривалість робочого циклу, година	12		
6	Габаритні розміри, мм, не довша/ширина/висота	780/450/1000	780/450/1100	880/500/1155
7	Маса котла, кг, не більше	150	160	190

Котел КС-Т-12 є зварною конструкцією, що складається з топки, трубних газоходів, теплової ізоляції і декоративних панелей облицювання. Конвективна частина котла виконана у вигляді каналів круглого перетину, оточених зовні водою.

На передній стінці котла розміщується двоє дверцят: 1- призначені для завантаження палива і для чищення конвективних каналів від золи та відкладень сажі, нижні дверцята 2- для обслуговування колосникової решітки і зольника. В нижніх дверцятах є заслінка, що забезпечує підведення повітря апід колосникову решітку для горіння палива.[13]



1- верхні дверці, 2- нижні дверці, 3- клапан регулювання тяги, 4- показчик температури, 5- патрубки приєднання до системи опалення, 6- димохідний патрубок

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-МНТ.10578414.КМР

Арк.

51

Таблиця 14: Габаритні розміри котла

Розміри, мм	H	H1	H2	A	B	C	D	E	F
КС-Т-12	980	845	680	410	740	315	285	130	210
КС-Т-16	1080	945	780	410	740	315	285	130	210
КС-Т-25	1135	1000	840	460	840	345	335	125	250

Рекомендації що до використання котла

Розтоплення котла проводити таким чином: на колосники укласти розпалювальний матеріал: папір, тріска, сухі дрова тощо. Розмір дров повинен відповідати розмірам топки в плані котла і забезпечити як повздовжнє, так і поперечне їх укладання, що повинно привести до рівномірного заповнення всієї колосникової решітки.

Через нижні дверцята провести розпалювання розтопного матеріалу та закрити дверці. Коли дрова розгоряться, приблизно через 20 хвилин після розпалу, почати завантаження частини основного палива (дров) через верхні дверці. Для завантаження як основного палива вугілля або вугільних брикетів, рекомендується спочатку довести температуру зворотньої мережі теплоносія до 60 °С, щоб уникнути передчасного спікання вугілля. Щоб уникнути викидів продуктів згоряння в приміщення необхідно, перед відкриттям верхніх дверець (для завантаження палива), закрити щільно нижні дверці і заслінку на них. Після закінчення завантаження, закрити верхні дверці, а заслінку на нижніх дверцятах відкрити. Протягом часу, приблизно 15 хвилин, поступово і рівномірно завантажити паливо в кількості достатній для утворення шару заввишки 150 мм. Це паливо повинно бути підготовлено так, щоб розмір шматків становив 25-35 мм. Потім завантаження припиняють до тих пір, поки паливо добре не розгориться приблизно 15-20 хвилин. Подальше завантаження може прорводитися трохи більшим паливом рівномірно, не допускаючи прориву великої кількості повітря в топку через верхні дверцята. Висота завантаженого палива повинна складати 270-350 мм. Після закінчення завантаження, розрівняти шар палива і після його повного розгортання закрити

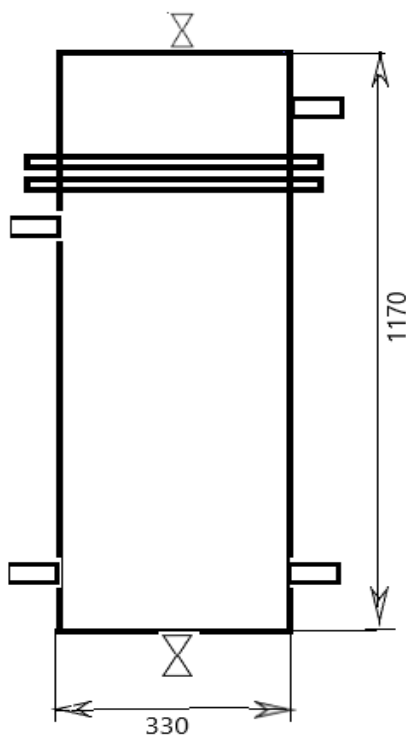
										Арк.
										52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>					

розпалювальну заслінку. При необхідності провести чищення і шуровку колосникової решітки.

Регулювання теплопродуктивності здійснюється шибером, який повинен бути розташований за котлом в димовідвідному газоході, і заслінкою в нижніх дверцятах яка регулює кількість повітря, що поступає під колосникову решітку. Якщо необхідно знизити теплопродуктивність, потрібно прикрити шибер і заслінку в нижніх дверцятах.

Для роботи нашої системи із трубчатого теплообмінника власноруч була виготовлена буферна ємність з великим об'ємом теплоносія габаритні розміри гідрострілки висота-1170 мм, діаметр-330мм та виготовлення із сталі товщиною 10мм.

Буферна ємність призначена для акумуляції енергії теплоносія в системі опалення між котловим контуром і контуром споживача. У свою чергу, контур споживача може бути розділений на кілька контурів: бойлер ГВП, радіатор опалення, тепла підлога та інші.[20]



Теплові акумулятори (або буферні ємності) призначені для накопичення надлишкової енергії від джерел тепла (таких як опалювальні котли, сонячні колектори та каміни) і розподілу її в системі опалення та гарячого водопостачання. Теплові акумулятори дають можливість накопичити певну кількість

теплової енергії що позитивно впливає на витрати на опалення та гаряче водопостачання, подовжують термін служби обладнання та роблять системи опалення більше ефективними.

Тепловий акумулятор (буферна ємність) - це теплоізольований циліндричний металевий бак (термос), здатний накопичувати та утримувати теплову енергію протягом тривалого часу. Він встановлюється на виході з котлаі, у разі необхідності,

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

накопичується теплоносієм, нагріту котлом. Залежно від обсягу теплоаккумулятора, тепловтрат будівлі, погодних умов і заданої температури, такий пристрій може підтримувати в будинку комфортну температуру від декількох годин до декількох діб.

Теплоаккумулятори можуть вбудовуватись у системи опалення з котлами на різних енергоносіях – газі, солярці, електриці, твердому паливі. В останньому випадку встановлення буферної ємності є обов'язковим: у ряді країн експлуатація твердопаливних котлів без теплоаккумулятора заборонена. Місткості виконують функції накопичення тепла, що дозволяє згладжувати коливання температури теплоносія - часте явище в опалювальних системах на базі твердопаливних котлів.[12]

Буфер являє собою сталеву циліндричну ємність з патрубками і теплоізоляційним покриттям. Конструкція може також включати один або два теплообмінники для інших джерел тепла, а також внутрішній бак-накопичувач для системи гарячого водопостачання (бак у баку).

Принцип роботи, переваги та підключення буферної ємності

- В опаленні з електродкотлами буферні ємності використовують для економії витрат на енергоносії. Устаткування встановлюють між тепловими агрегатами та опалювальними приладами.

- Під час дії недорогого тарифу на електрику гаряча вода циркулює за контуром між котлом та теплоаккумулятором до досягнення температури, допустимої в системі. При цьому теплоносії продовжує надходити до радіаторів.

- Коли починає діяти дорожчий тариф, електричний котел зупиняється. Автоматика запускає циркуляцію за контуром "буферна ємність - радіатори". При цьому температура теплоносія, що надходить до радіаторів, підтримується за рахунок енергії, накопиченої тепловим акумулятором.

Температура при цьому регулюється клапаном з електричним приводом, який працює за сигналом теплового датчика, що змішує теплоносії із прямої та зворотної магістралі.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Переваги теплоаккумуляторів

Отже, навіщо потрібний теплоаккумулятор для опалення? Головна перевага буферної ємності у системах опалення – зниження витрат на електрику при підключенні багатотарифного рахунку (день-ніч) та накопичення надлишкової теплової енергії з твердопаливним котлом. При цьому економити вдається лише за наявності дво- або багатотарифної оплати за рахунок роботи котла під час дії невисокої ціни.

Теплоаккумулятори також:

Можуть використовувати інші джерела тепла (буферні ємності із змішувачами). Головна умова при цьому - температура теплоносія, що надходить з різних джерел, повинна бути приблизно однаковою.[11]

Працюють у системах опалення з автоматичним керуванням. Регулювання здійснюється за допомогою клапана-змішувача з приводом, керування яким можливе за допомогою контролера за заданою програмою.

Буферні ємності також можуть застосовуватись як накопичувальний бойлер у системах ГВП. Місткість теплоаккумулятора підбирають із розрахунку 25 л на кожен кВт теплової потужності для помірного клімату та 30–40 л на 1 кВт для помірно-холодної та холодної кліматичних зон. Для точного розрахунку обсягу резервуара використовують методику, що враховує накопичену теплову потужність за цикл нагріву.

Циркуляцію теплоносія між котлом та буферною ємністю забезпечується за допомогою циркуляційного насосу «Wilo» star-rs 25/4 арт.2542954/0610 а циркуляцію між гідрострілкою (буферною ємністю) та теплообмінниками циркуляційним насосом «DAB» evroplus 40/180M.

Циркуляційний насос WILO Star-RS 25/4-180 (4032954)

Циркуляційні насоси WILO серії Star-RS

Циркуляційний насос WILO Star-RS з мокрим ротором для установки в трубах з ручним триступеневим регулюванням частоти обертання. Зі стійким до струмів блокуванням електродвигуном. Призначені для систем опалення, промислових

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

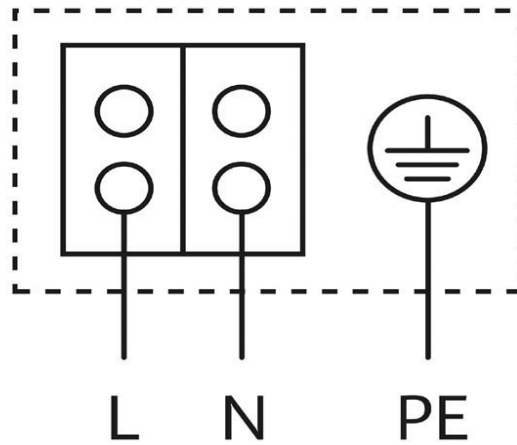
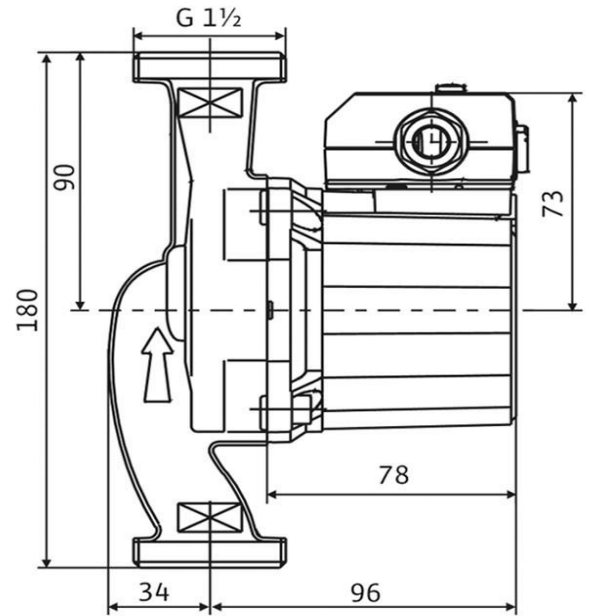
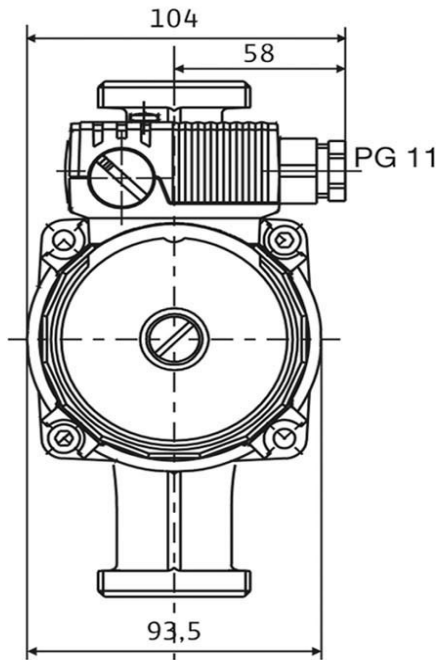
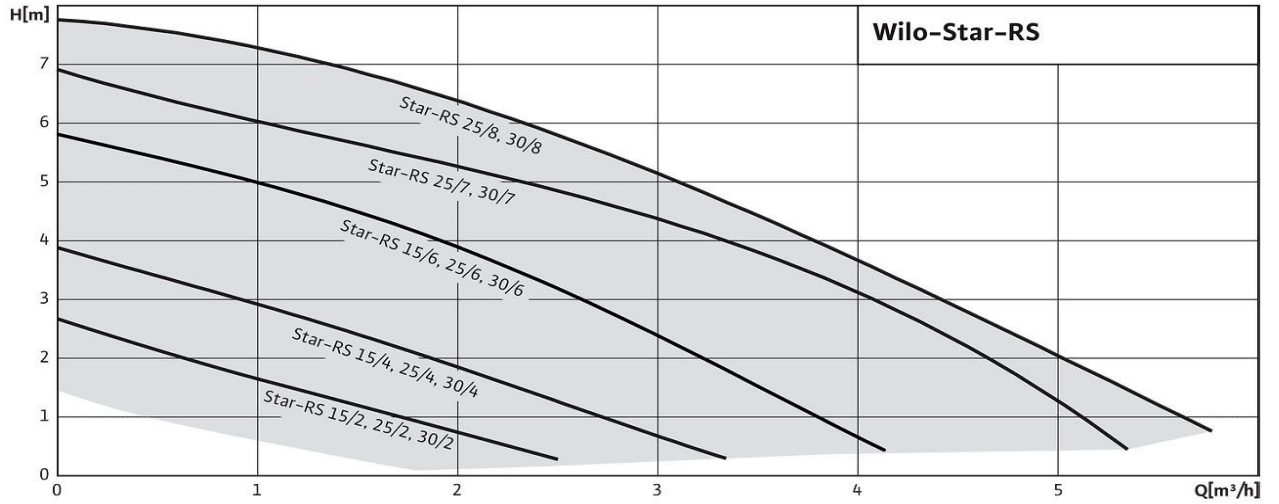
циркуляційних систем, систем подачі холодної води та кондиціонування. Забезпечують надійність в експлуатації завдяки перфорованому валу та фільтруючого пристрою перед картриджем.

Переваги:

- Підходить для монтажу у будь-якому положенні з горизонтальним валом; клемна коробка в положенні 3-6-9-12 годин
- Три попередньо вибрані ступені частоти обертання для адаптації навантаження
- Простий та надійний монтаж завдяки практичним відливам під ключ на корпусі насосів.
- Спрощений електромонтаж завдяки знімному кабельному введенню клемної коробки з можливістю двостороннього підключення; швидке підключення за допомогою пружинних клем

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Схеми та креслення Циркуляційний насос WILO Star-RS 25/4-180 (4032954)



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

601-МНТ.10578414.КМР

Арк.

57

Таблиця 15: Характеристики Циркуляційний насос WILO Star-RS 25/4-180

Бренд	Wilo
Серія	Star-RS
Країна реєстрації виробника	Німеччина
Тип ротора	Мокрий
Діаметр	25 мм
Тип підключення	Різьбове з'єднання
Клас насосу	Побутовий
Тип приєднання	1 1/2"
Максимальна температура рідини, що перекачується	110°C
Монтажна довжина насоса	180 мм
Робоче середовище	Вода (чиста 100%)
Робочий тиск	10 бар
Призначення насосу	Для опалення
Гарантія	2 роки
Особливості	регулювання потужності
Максимальний натиск	4,0 м
Максимальна продуктивність	3,2 м3/год

Циркуляційний насос DAB EVOPLUS 40/180 M – це вдосконалена модель преміум класу, яка об'єднала найкращі технологічні розробки від інженерів компанії DAB за останні кілька років. Агрегат має покращений механізм класу А, що дозволяє встановлювати насос у системи побутового або колективного водопостачання, з метою перекачування чистої води, при загальному рівні гліколю до 30%, але без вмісту бруду, абразивних елементів, піску, а також маслянистих, в'язких, хімічно агресивних, або горючих речовин, що здатні нашкодити внутрішньому механізму моделі.

Насос може безперешкодно функціонувати у таких приміщеннях:

- Житлові квартири;
- Приватні будинки;

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Дрібні промислові приміщення;
- Лікарні;
- громадські приміщення;
- Офісні приміщення;
- Школи, дитячі садки;
- Кафе, ресторани, готелі.

Насос може взаємодіяти з магнітним частотним перетворювачем, що гарантує роботу при підвищеному рівні ККД, а також досить економне енергоспоживання, за винятком різких пусків водопровідної системи. Завдяки цій моделі ви отримаєте безперебійну та продуктивну роботу протягом тривалого часу, повністю виключаючи можливість незапланованого виходу з ладу або непередбачених поломок.

До водопровідної системи насоси **DAB серії EVOPLUS** монтуються за допомогою різьбового кріплення, що у кілька разів спрощує загальний процес монтажу та введення в експлуатацію.

Насос має найкраще технологічне складання, яке відповідає високим стандартам європейської якості. Вся робота проходить відповідно до всіх санітарних норм, а перевірена і надійна збірка не заважає тому, що насос має досить доступну ціну. Щоб провести розрахунок потужності та підібрати певну модель, звертайтеся за допомогою до менеджерів компанії «ОВК Дніпропетровськ», які завжди готові надати професійну допомогу.

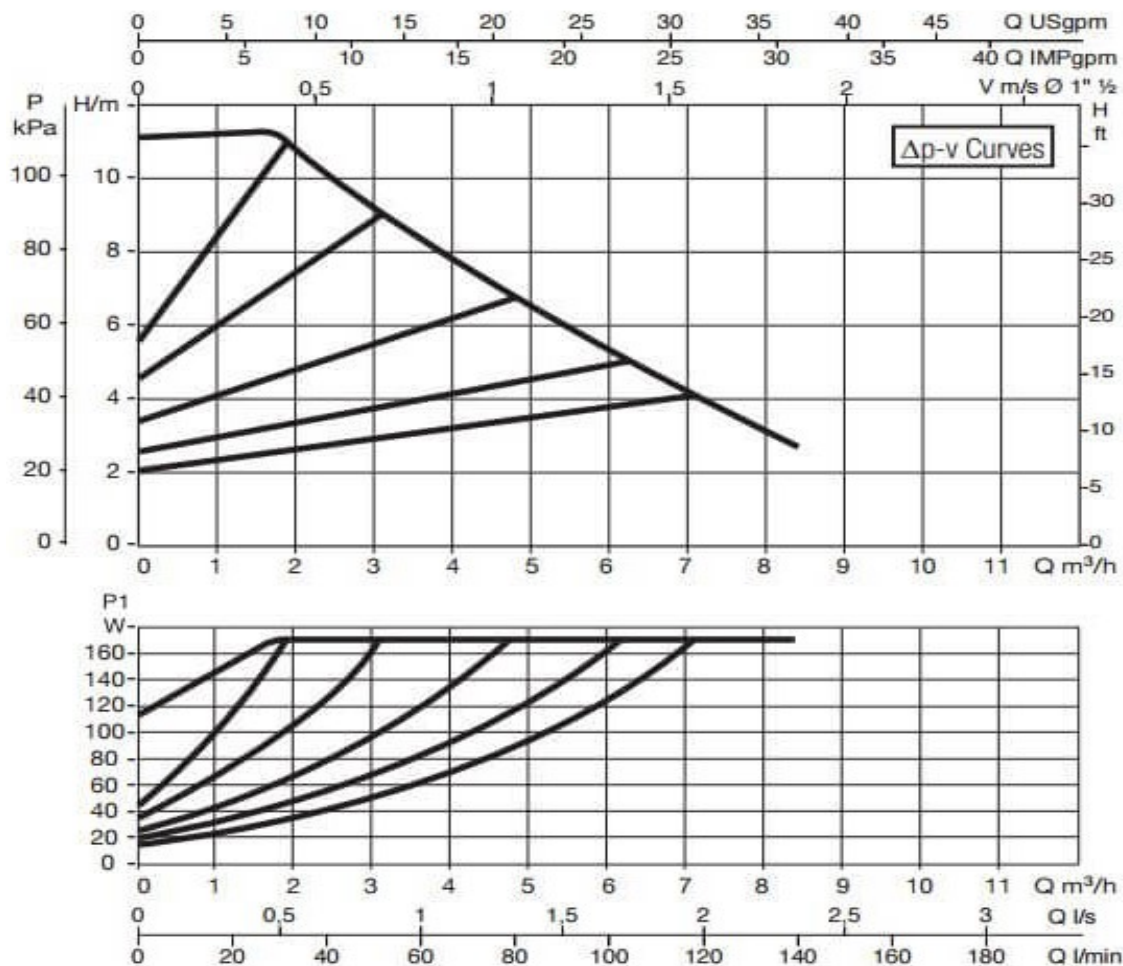
Технічні характеристики – циркуляційний насос із мокрим ротором DAB (ДАБ) EVOPLUS 40/180 М для гарячої води

Насос витримує значну напругу у водопровідній системі на рівні 16 бар, що дозволяє йому функціонувати в системах колективного водопостачання. Щоб отримати злагоджену роботу всього механізму, слід точно стежити за загальним температурним рівнем рідини, що перекачується, який повинен знаходитися в межах від -10°C до +110°C.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для запобігання перевантаженням насос комплектується захисними запобіжниками, які проводять автоматичне вимкнення агрегату, з подальшим перезапуском.

Шкала продуктивності



Особливість конструкції – циркуляційний насос DAB EVOPPLUS 40/180 M для опалення

Моноблочний корпус насоса виготовляється з чавуну підвищеної міцності, який покривають захисним прогумованим кожухом, який запобігає корозійним утворенням і окисленням, внаслідок надмірного скупчення конденсату. Так ви в кілька разів продовжите загальний термін експлуатації, а для більшого рівня міцності передбачено EPDM ущільнення.

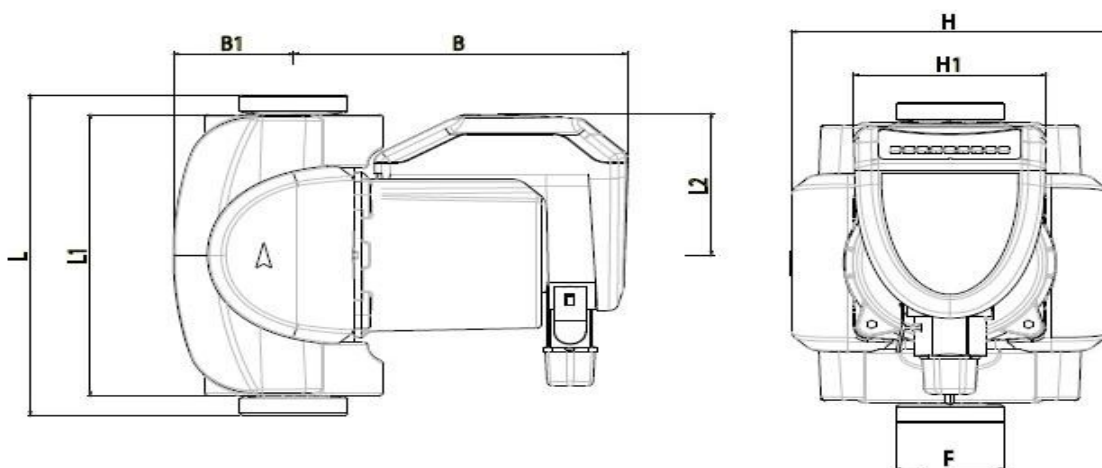
Завдяки тому, що робоче колесо виготовляється з технополімеру воно нормально взаємодіє з рідиною, що перекачується. Ротор – кераміка. Функціонування насоса здійснюється за рахунок металографітних

										Арк.
										60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>					

підшипників, які змащуються за рахунок рідини, що перекачується, гарантуючи тривалий термін експлуатації, а також досить низький рівень шуму. Внутрішня частина насоса повністю гладка, що покращує прохідність рідини, а сорочка ротора виготовляється з нержавіючої сталі, яка значною мірою подовжує номінальний термін експлуатації моделі, що розглядається.

Синхронний двигун має синхронне та магнітне регулювання, що спрощує процес налаштування потужності. Регуляція функціональних особливостей виставляється на спеціальному дисплеї, розташованому на передній частині насоса. Процес встановлення та введення в експлуатацію досить простий та інтуїтивно зрозумілий.

Габаритні розміри моделі



МОДЕЛЬ	L ММ	L1 ММ	L2 ММ	B ММ	B1 ММ	H ММ	H1 ММ	F ММ	ВЕС, Кг
EVOTRON 40/130	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	2.7
EVOTRON 40/180	180	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	2.9
EVOTRON 40/180X	180	158	79.5	147.5	53	140	85	2"	2.9
EVOTRON 60/130	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	2.7
EVOTRON 60/180	180	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	2.9
EVOTRON 60/180X	180	158	79.5	147.5	53	140	85	2"	2.9
EVOTRON 80/130	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	2.7
EVOTRON 80/180	180	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	2.9
EVOTRON 80/180X	180	158	79.5	147.5	53	140	85	2"	2.9

Насос підтримує функцію «Нічний режим», який зберігає загальні енерговитрати на 90%, коли агрегат працює не на повну потужність, але показує достатній рівень продуктивності. Інноваційна будова насоса дозволяє

використовувати його не тільки в системах опалення, але й у системах кондиціонування.

Монтаж циркуляційного побутового насоса з мокрим ротором DAB EVOPLUS 40/180 M

Модель підключається до водопровідної мережі за рахунок різьбового з'єднання, коли вся установка насоса йде в горизонтальному положенні вище максимального рівня котла. Для зручності насос оснащений міцним шнуром для приєднання до мережі електроживлення.

Даний агрегат має досить компактну форму, тому весь процес по установці не займе у вас багато часу, плюс не потрібно мати якісь особливі технічні навички. Кріплення та введення в експлуатацію має здійснюватися згідно з правилами, що наведені в інструкції.

Насоси DAB серії EVOPLUS регулюються за допомогою IGBT – пристрою на базі NPT-технології останнього покоління з метою підвищення ефективності та надійності. Агрегат має такі функціональні особливості:

- Датчики керування двигуном
- Багатофункціональний модуль PWM
- Висока частота обертання, що фактично зменшує шум
- Спеціалізований 32-бітний процесор
- Optimised space vector algorithm

Рідкокристалічний інтерфейс дисплея інтуїтивно зрозумілий. 4 кнопки управління, спливаюче меню. Крім того, насос має сучасний дизайн та відносно компактну форму, що дозволить агрегату вписатися в інтер'єр будь-якого приміщення.

Режими регулювання роботи

- регулювання пропорційного диференціального тиску;
- регулювання постійного диференціального тиску;
- Регулювання постійної кривої;
- Регулювання постійного та пропорційного диференціального тиску в залежності від температури рідини, що перекачується;

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Регулювання постійної різниці температур.

Теплообмінник для ГВП

Енергетична установка оснащена пластинчастим теплообмінником ГВП для отримання горячої води за рахунок теплообміну між теплоносієм в системі опалення та води з системи холодного водопостачання.

Основою конструкції пластинчастого теплообмінника є профільовані теплообмінні пластини, які зазвичай виготовляються холодним штампуванням з тонкостінного (0,4 - 1 мм) корозійностойкого листового металу - нержавіючих сталей, алюмінієвих сплавів, титану та інших. Штамповані пластини в пакеті пластинчастого теплообмінника або однакові, але взаємно повернені на 180 градусів, або розрізняються на «праві» і «ліві». Таким чином, після складання в пакет і ущільнення прокладками, проштамповані профілі на них перетворюються в мережу герметичних щілинних (прохідних) каналів, які утворюють два роздільних контури, де циркулюють теплоносії - нагріваючий (охолоджуючий) і нагріваємий (охолоджуваний). Ці теплоносії, як правило, пропускаються за своїми контурами в протилежних напрямках, що сприяє збільшенню температурного напору. У той же час різноманітні варіанти профілювання (рифлення) поверхні прохідних каналів покликані викликати турбулентність потоків теплоносіїв, що ще більше інтенсифікує теплообмін.

Крім теплообмінних пластин і ущільнюючих прокладок, в типову конструкцію розбірного пластинчастого теплообмінника зазвичай входять:

- нерухома плита з підводячими і відводячими патрубками, яка служить опорним «скелетом» для набору пакету пластин;
- верхня і нижня напрямні консолі, на які по черзі «нанизуються» «ліві», «праві» пластини і ущільнюються прокладками;
- рухома плита, яка замикає всю складану конструкцію;
- різьбові шпильки, якими розбірна конструкція скріплюється воедино і стягується, до отримання повної герметичності в полімерних ущільненнях;

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплова довжина		0,924		2,31
Фізичні властивості 2 ступінь		Сторона 1		Сторона 2
Total heat transfer area	m ²		0,288	
Питомний тепл. потік	Kw/m ²		52,1	
СерЛогРізн. Т-р	К		21,64	
Коеф. теплопередачі	W/m ² , °C		2670/2410	
Втрата тиску (заг)	kPa	4,91		0,756
В отворах	kPa	0,089		0,014
Діаметр отвору (В\Н)	mm	23,0/23,0		23,0/23,0
Кількість каналів на 1х		6		7
Кількість пластин			14	
Запас поверхні	%		5	
Коеф. забруднення	m ² , °C/kw		0,038	
Число Рейнольдса		1293		287,8
Портова швидкість В\Н	m/s	0,439/0,439		0,174/0,174
Швидкість в каналах	m/s	0,153		0,052
Напруга зсуву	Pa	19,8		3,05
Сер. темп. стінки	°C	52,21		50,73
Найб. Різн. Темп. стінки	К		4,97	
Min\max темп. стінки	°C	38,4/67,1		33,43/65,86
Продуктивність		Сторона1		Сторона2
Еталонна температура	°C	60		35

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Динамічна в'язкість	cP	0,467		0,72
Динамічна в'язкість ст.	cP	0,528		0,541
Густина	Kg/m ³	983,2		994,1
Теплоємність	kJ/kg, °C	4,185		4,178
Теплопровідність	W/m, °C	0,654		0,623
Коефіцієнт тепловіддачі	W/m ² , °C	9210		4560
Загальне		Сторона1		Сторона2
Загальна вага Порожній	kg		6,5-9,97	
Загальна вага Повний	kg		6,59-10,51	
Об'єм каналів (внутрін)	dm ³		0,25	
Об'єм каналів (зовн)	dm ³		0,29	
Розмір отвору F1\P1	mm		24	
Розмір отвору F2\P2	mm		24	
Розмір отвору F3\P3	mm		24	
Розмір отвору F4\P4	mm		24	

6. Огляд горіння як складного фізико-хімічного процесу

Склад палива, органічна частина твердого і рідкого палива складається з ряду складних хімічних сполук, утворених п'ятьма хімічними елементами це: вуглецем (C), воднем (H), сіркою (S), киснем (O) та азотом (N). Крім того, паливо містить мінеральні домішки (A), які при згорянні перетворюються у золу та воду(W). Таким чином, хімічний склад твердого і рідкого палива визначається не кількістю хімічних сполук, а загальної масою хімічних елементів у паливі (%на кілограм), то є елементним складом палива. Горючими елементами палива є вуглець, водень і сірка. Вуглець основний горючий елемент в паливі, має високу теплоту згорання

										Арк.
										66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>					

(34,4 МДж/кг) та складає велику частку грючої маси палива. Водень також має високу теплоту згоряння (120,5 МДж/кг), але його вміст у паливі невеликий (2-4% у твердому паливі та 10-11% у рідкому). Сірка має низьку теплотворну здатність (9,3 МДж/кг) та низький вміст у паливі лише (0,3-0,5%), тому не становить цінності як горючий елемент. Однак зміст сірки вважається важливою характеристикою, так як при згорянні палива утворюється діоксид сірки. У твердому паливі сірка присутня в органічних речовинах (Sor), горючих мінеральних матеріалах (піритна сірка Sp або FeS2iCuS) і негорючих мінеральних матеріалах (сульфат сіркиSsft). Загальний вміст сірки в паливі, Sob, складається із трьох компонентів: Sob=Sor+Sn+Ssft.

Сума перших двох визначає зміст горючої сірки в паливі:

$$S_g = S_{or} + S_n$$

Існує п'ять основних станів палива.

Робочий стан палива (верхній індекс p (r)) це стан, при якому паливо має вологість і зольність при його видобутку, відвантаження і використання.

$$C^p + H^p + S^p + O^p + N^p + A^p + W^p = 100\%$$

Аналітичний стан палива (верхній індекса(a)) це стан палива, що характеризується пробопідготовкою. Підготовка проби включає подрібнення до розміру частинок 0,2 мм та зрівняння з лабораторними умовами приміщення:

$$C^a + H^a + S^a + O^a + N^a + A^a + W^a = 100\%$$

Сухий стан палива (верхній індекс c (d)) Пальне (сухе) без загальної вологи (крім гідратної)

$$C^c + H^c + S^c + O^c + N^c + A^c = 100\%$$

Горюче стан палива (верхній індекс r (daf)) умовно сухий без зольний.

$$C^r + H^r + S^r + O^r + N^r = 100\%$$

Органічний стан палива (верхній індекс o(o)) паливо, вільне від вологи та мінералів.

$$C^o + H^o + S_p^o + O^o + N^o = 100\%$$

Для отримання коефіцієнтів перерахунку складу палива, наприклад, з пального стану в відпрацьоване стан необхідно виконати наступні перетворення. Нехай рівняння для стану використання записано у наступному вигляді.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C^p + H^p + S^p + O^p + N^p = 100 - A^p - W^p$$

Та розділимо r на p

$$C^p + H^p + S^p + O^p + N^p = (C^r + H^r + S^r + O^r + N^r) \frac{100 - A^p - W^p}{100}$$

Таким чином, для кожного елемента, наприклад вуглецю.

$$C^p = C^r \frac{100 - A^p - W^p}{100} \%$$

На відміну від твердого та рідкого палива, газоподібні палива представляють собою механічні суміші горючих та негорючих газів, їх склад вказується в об'ємних відсотках.

Теплота горіння

Теплота горіння характеризує енергетичну цінність палива і є кількістю теплової енергії, що виділяється в ході хімічної реакції окислення горючих елементів газоподібним киснем. Розрізняють найвищу та нижчу теплоту горіння.

Вища теплота горіння Q_v палива це кількість тепла, що виділяється при повному згорянні 1 кг твердого або рідкого палива (1 м³ газоподібного палива) в умовах, коли водяний пар конденсується і усі продукти горіння охолоджуються до 0°C.

$$Q_v^p = 81C + 300H + 26(O + S) - 4190$$

Де Q_v^p - розрахункова максимальна теплота горіння; C - вміст вуглецю, %; H - вміст водню, %; O - вміст кисню, %; S - вміст сірки, %.

Нижча теплота згорання Q_n відрізняється від вищої теплоти горіння і залежить від теплоти випаровування вологи палива та кількості вологи, що утворюється при згорянні водню. При спалюванні палива на електростанціях температура димових газів перевищує 100°C, вода у продуктах згорання залишається в пароподібному стані і губиться через тепло та пароутворення. Кількість водяної пари у продуктах згорання у (кг), яке утворюється із 1 кг палива, однокількості вологості у вихідному паливі $W_p/100$ та кількості води, що утворюється при окисненні водню палива $9H_p/100$ ($H_2 + 0,5O_2 = H_2O$); (з 1 кг водню утворюється 9 кг води). Питома теплота конденсації водяної пари при нормальних фізичних умов становить 2500 кДж/кг. Отже, теплота конденсації водяного пара, отриманого з 1 кг палива, становить (кДж/кг):

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 2500 \left(\frac{Wp}{100} + \frac{9Hp}{100} \right) = 25(Wp + 9Hp)$$

Тоді залежність між вищою та нижчою теплотою згоряння має вигляд (кДж/кг):

$$Q_{H^P} = Q_{B^P} - 25(W^P + 9H^P)$$

Найбільш надійним методом вимірювання теплоти згоряння є експериментальний вимір за допомогою спеціального калориметра. Суть цього методу полягає в спалюванні зразка палива в герметичному металевому контейнері (калориметричної бомбі) в атмосфері стисненого кисню. Кількість тепла, що виділяється при згорянні цього палива, визначається підвищення температури води. Вимірне калориметричне значення теплоти відповідає більше високою теплоті згоряння через конденсацію водяного пара, що утворюється при згорянні в бомбі. Однак реальні значення Q_B не відповідають визначеним значенням, звідси спеціальне позначення теплоти згоряння- Q_B^a аналітичної проби в бомбі. Різниця між Q_B^a і Q_B обумовлена тим, що концентрація кисню в бомбі значно завищена, а склад продуктів згоряння кілька інакший. В результаті сірка окислюється до SO_3 замість SO_2 , а SO_3 розчиняється в воді, що наводить до додатковим тепловим ефектом. Крім того, частково окислюється азот із заснуванням азотної кислоти. У практиці роботи електростанцій тепло та згоряння палива, що використовується визначається експериментально для отримання більш точних результатів. Під час проведення теплотехнічних розрахунків часто виникає потреба оцінити теплоту згоряння палива за даними елементного складу. Метод визначення теплоти згоряння за даними елементного складу палива заснований на законі Гесса. Згідно закону Гесса, теплота безпосереднього перетворення палива на продукти згоряння CO_2 , H_2O і SO_2 дорівнює теплоті згоряння C, H_2 та S мінус теплота розкладання вихідних вуглеводнів в паливі на прості речовини. У реальному паливі O, H і C у кріпких зв'язках, дуже складні молекули з різними енергіями зв'язку. Кількість енергії, що витрачається на розрив цих зв'язків при згорянні, варіюється, і досі жодне модельне подання не дало універсальної формули для розрахунку теплоти згоряння палива. Найбільш вдалою, то є простий і точний, є формула Д. І. Менделєєва,

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заснована на емпіричному підборі коефіцієнтів (ккал/кг) для відповідних горючих елементів:

$$Q^r = 81C^r + 300H^r - 26(O^r - S^r)$$

Теплота згоряння твердого та рідкого палива в умовах використання розраховується по наступному рівнянню(кДж/кг):

$$Q_{H^p} = 339C^p + 1030H^p - 109(O^p - S^p) - 25W^p$$

Зміст елементів виражається у відсотках. У випадку газоподібних палив, якщо їх склад точно відомий, теплота спалювання 1 м³ сухого газу МДж/м³ може бути досить точно розрахована за формулою:

$$Q_{H^c} = 0,01(10,8H_2 + 12,65CO + 35,85CH_4 + 63,8C_2H_6 + 91,3C_3H_8 + \dots + 23,4H_2S)$$

В цій формулі вміст газів та газових компонентів підставляють у відсотках%.

Оскільки тепло та згоряння різних видів палива сильно варіюється, кількість палива, споживаного топковими системами однакової потужності, може суттєво відрізнятись. Для порівняння економічності різних видів палива вводиться поняття умовного палива з теплою згоряння $Q_y = 7000$ ккал/кг (29,33 МДж/кг). Теплова потужність N печі визначається здається залежністю між витратою палива B та теплою згоряння МВт:

$$N = BQ_{H^p}$$

Витрата умовного палива B_y пов'язаний з витратою природного палива B

$$B_y = \frac{BQ_{H^p}}{q}$$

Волога в твердом у паливі.

Волога у твердому паливі існує у вигляді крапель, плівок, капілярної вологи та молекул, адсорбованих на поверхнях. Волога може входити до складу мінеральних сполук. Залежно від конкретної форми зв'язки з паливом розрізняють на ступні види вологи:

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Гідратна волога – присутня в мінеральних домішках в паливі і представлена у вигляді силікатів ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, $Fe_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) та сульфатів ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $MgSO_4 \cdot 2H_2O$). Видалення гідратної вологи відбувається лише за досить високих температур. Частка гідратної вологи збільшується з зростанням зольності палива і зазвичай складає всього кілька відсотків від загальної кількості вологи у паливі.

2. Сорбована волога - включає сорбовану вологу (шляхом адсорбції на поверхні розділу газ-тверде тіло) та колоїдну вологу в органічній структурі палива. Сорбована волога характеризується залежністю рівноважного змісту сорбованої вологи від зовнішніх умов (температури та вологості повітря).

3. Капілярна волога - волога, заповнююча пори. Пори з діаметром понад 10^{-5} мм заповнюються при безпосередньому контакті із водою, а пори меншого розміру забезпечують конденсацію вологи з повітря.

4. Поверхнева волога - волога, що знаходиться на зовнішній стороні і частинок палива. Тривалість існування поверхневої вологи залежить від початкового вмісту вологи в паливі, а також від температури та вологості повітря. Чітких меж між окремими типами вологине існує, що ускладнює їх визначення. Для зручності визначення змісту вологи у вугіллі загальний вміст вологи в вугіллі підрозділяється на зовнішню вологу і вологу повітряно-сухого палива в відповідно з прийнятими на практиці аналітичними методами. З точки зору концепції типу вологості, цей поділ можна визначити в такий спосіб. При повітряному сушінні вугілля видалається вільна волога із зовнішньої поверхні частинок і капілярна волога з відкритих тріщин і пір. Адсорбована волога і гідратна залишаються в висушеному на повітрі вугіллі. Загальна волога, крім гідратної, видалається при сушінні вугілля при $t = 105^\circ C$. Загальна волога визначається двоступінчастим методом. Загальна вологість $W_{зв}$ розраховується як сума зовнішньої вологості $W_{зов}$ і вологості W_h повітряно-сухого палива.

Перший етап визначення зовнішньої вологості-проводять шляхом висушування проби вугілля до постійної маси при кімнатній температурі або восушувачі при $t = 40^\circ C$ для бурого вугілля і $t = 50^\circ C$ для кам'яного вугілля і сланцю.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий етап вимір змісту вологи в висушеному на повітрі паливі-здійснюється шляхом подрібнення зразка, висушеного на повітрі в час зовнішнього вимірювання вмісту вологи, до розміру лабораторної проби (розмір частинок менше 3 мм). Вологу повітряно-сухого палива висушують при температурі 105-110°C протягом 3-4 годин або прискореною сушінню при температурі (160±5)°C (час сушіння 5-10 хвилин). При розрахунку зовнішньої вологості $W_{зов}$ втрата маси відноситься до вихідної маси вологого палива, а при розрахунку W_h до маси повітряно-сухого палива. Для того щоб можливо було підсумовувати ці величини, необхідно посилатися на паливо в одному і тому ж стані (вихідне вологе паливо). Як що маса вихідного вологого палива дорівнює 100%, а маса повітряно-сухого палива складає $(100-W_{зов})$, то зміст вологи в повітряно-сухому паливі можливо перерахувати, помноживши вміст вологи W_h в повітряно-сухому паливі на коефіцієнт $(100-W_{зов})/100$.

Звідси за формулою $W_{заг} = W_{зов} + W_h (100 - W_{зов}) / 100$

Виходить загальний вміст вологи у відсотках %.

Наявність вологи у паливі негативно впливає на його основні технічні властивості: зменшує теплоту згорання, і збільшує обсяг продуктів згорання та знижує ККД пічного обладнання. Зміна теплоти згорання при зміні вологості твердого палива від W_1^p до W_2^p можливо розрахувати за допомогою порівняння (кДж/кг) [21]

$$Q_2^p = Q_1^p \frac{100 - W_2^p}{100 - W_1^p} - 25 (W_2^p - W_1^p)$$

При збільшенні вмісту вологи в паливі рухливість його частинок зменшується, і воно повністю втрачає свої властивості сипучості. Вологість, відповідна стану в якому паливо втрачає об'єм, називається насипний вологістю. Для більшості видів палива насипна вологість усього на кілька відсотків перевищує робочу вологість. Найбільший вміст вологи у паливі, яке не замерзає навіть при температурі низьких температурах, характеризується замерзаючої вологістю, яка зазвичай нижче робочої вологості. Вологість замерзання зменшується по мірі зниження виходу летючих та

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>				

зольності. На практиці застосовують наступні способи захисту від замерзання: зневоднення (відстоюванням, нагрівом та центрифугуванням), виморожування з перемішуванням, додавання незамерзаючих речовин, заправка нафтопродуктами, розвантаження з допомогою дробильних установок, опалення бункерів, опалення у вагонах.

Мінеральні домішки в твердому паливі.

Наявність мінеральних компонентів в твердому паливі обумовлено наступними чинниками.

Наявність мінеральних та органічних домішок в кінцевому матеріалі з якого і створилось паливо. Кількість домішок (солей) такого походження невелика, до 0,5% від сухої маси палива. Їх називають первинними домішками.

Мінеральні речовини, переносні водою або вітром і утворюються в результаті життєдіяльності бактерій, які накопичуються разом з органічною речовиною. Разом із первинними домішками вони називаються внутрішніми домішками.

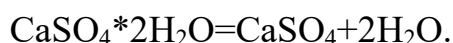
Мінерали, які потрапляють у паливо з навколишніх порід при видобутку. Їх частка залежить від геології пласта та способу видобутку. Від зростання механізації видобутку, частка мінеральних домішок значно зростає.

Домішки твердого палива утворені різними мінеральними речовинами, основними з яких зазвичай є алюмо-силікати ($Al_2O_3-2SiO_2-2H_2O$), кремнезем (SiO_2), карбонати ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$), сульфіді (FeS_2 , CaS), сульфати ($CaSO_4$, $MgSO_4$) та солі лужних металів ($NaCl$, KCl). Крім перерахованих основних компонентів, мінеральні домішки в твердому паливі часто містять високі концентрації з'єднань багатьох рідкісних елементів, таких як платина, паладій, нікель, кобальт, германій і уран. [15]

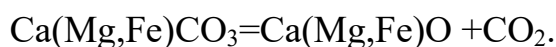
При спалюванні палива викликає хімічні зміни в багатьох компонентах мінеральних домішок та маси і складу золи, що утворюється, завжди відрізняються від маси і складу вихідних мінеральних домішок в паливі.

При температурі вищою за $500^{\circ}C$ проходять реакції дегідратації. Зокрема гідратна вода видаляється з гіпсу, алюмо-силікатів (глин), оксидів та гідроксидів заліза з утворенням Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 та H_2O

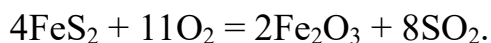
					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



В діапазоні температур 500-900°C відбувається розкладання карбонатів з виділенням вуглекислого газу



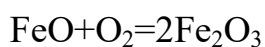
При температурі 400-500°C починається окислення дисульфідзуліза:



Розпад сульфату заліза протікає при 850-950°C

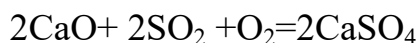


Окислення з'єднання Fe+2 до Fe+3 починається при температурі вищою за 400°C



Випаровування хлоридів та сполук лужних металів відбувається при температурі понад 500°C

Утворення сполуки сульфату кальцію відбувається в інтервалі температур 700-1000°C



Ця реакція також відбуватися по мірі виділення речовини SO₂ та виділяється при спалюванні сірки та окислення дисульфиду заліза і розкладанні карбонатів у мінеральній масі вугілля. Саме завдяки цієї реакції можливе ефективне зв'язування оксидів сірки в низькотемпературних печах з киплячим шаром. При температурах вище 1000°C починається дисоціація сульфатів.

Розглядаючи реакції з мінеральними домішками в паливі можна зробити такі загальні висновки:

1. Маса і склад золи ніколи небудуть рівні масі та складу мінералів вугілля, так як їх хімічний склад мінералів значно змінюється при спалюванні вугілля.
2. Серед реакцій що відбуваються в мінеральній масі при золеутворенні вугілля, переважне реакція розпаду, тому зольність вугілля буде як частіше меншою ніж складу мінеральної маси.
3. Кожна з вище перелічених реакцій відбувається на певній стадії озоління вугілля та у певному температурному діапазоні. Тому маса та склад золи,

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одержуваної при озоленні одного і тогож вугілля за різних температур (800°C та 1500°C), будуть суттєво відрізняються один від одного.

Таким чином, зольність вугілля поняття умовне, маса та склад золи залежать в основному від умов озоління палива та в першу чергу від швидкості озолення та кінцевої температури накулу.

Зольність вугілля це маса золи, виміряна у встановлених умовах, та виражена у відсотках %, з масою вугілля в якості одиниці вимірювання. Стандартний метод визначення зольності вугілля передбачає повне спалювання палива (озоління), накалу зольного залишку при температурі $(815 \pm 15)^\circ\text{C}$ до певної маси і вимір маси золи, що утворилася. Існує два виду цього методу: повільне озоління та прискорене озоління. При повільному озоленні зольний залишок прожарюють протягом 1 години для аналізу бурого вугілля і сланцю і протягом 1,5 годин для аналізу кам'яного вугілля і антрациту. Суть прискореного озоління полягає в поступовому переміщенні вагани із зразком в муфельну піч нагріту до $(815 \pm 15)^\circ\text{C}$. Вагани із зразком поміщають на пластину з жароміцного матеріалу та встановлюють навідкинуту кришку муфеля і витримують у такому положенні 3-5 хвилин. Потім плиту переміщують в муфель зі швидкістю 2 см/хв закривають дверцята печі та обпалюють буре вугілля і сланцеві зольні залишки на протязі 25 хвилин, кам'яне вугілля і антрацит протягом 35 хвилин. Не згорілий вміст палива утворює залишок, котрий набуває форми шлаку або золи залежно від умов згоряння і розташування в топці і газоходах.

Шлак це маса мінералів, яка зазнала високотемпературне нагрівання і набула значної міцності в результаті плавлення та спікання.

Зола це порошкоподібний залишок палива. Розрізняють летючу золу попелоподібне речовина яка відходить з викидами ще називається золоунос. Умови спалювання палива в топкової системі значно відрізняються від умов озоління в лабораторії, внаслідок чого склад та властивості топкового залишку не збігаються з складом і властивостями золи в лабораторії. Ця відмінність обумовлена наступними основними чинниками:

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Час перебування палива в топці значно менше, ніж при стандартному озоленні (5 с в котлах БКЗ-75, ~30 хв при стандартному озоленні)

2. Температура у топці значно вище, ніж при стандартному озоленні (1500°C в смолоскипах 815°C при стандартному озоленні)

3. Кількість окислювача в топці обмежена і реакція окислення мінеральної частини не повністю завершується через наявності відновлювальної зони.

4. Утворення розплаву сприяє взаємодії між окремими компонентами мінеральної частини палива. Поведінка осередкового опору при високих температурах (розм'якшення, плавлення, розм'якшення утворююмого розплаву) є одним з найважливіших технічних властивостей палива, що впливають на конструкцію печі і її надійність і експлуатаційні витрати. Багатокомпонентні залишки системи не має певної температури плавлення. Перехід з твердого стану в рідкий відбувається у певному діапазоні температур. Метод конуса є найбільш поширеним методом визначення сипучості золи і шлаку. Із попелу вичавлюється пірамідка заввишки 13 мм та 6 мм в основі і міститься в гарячу муфельну піч, де температура поступово підвищується. У процесі нагріву зразка фіксуються наступні температури: температура початку деформації t_A , яка визначається за появою перших ознак плавлення конуса, температура півсфери t_B зразок перетворюється на півсферу з висотою, що дорівнює приблизно половині основи і температура переходу в стан рідкого розплаву t_C при якому зразок розтікається попідставці.

Шлакування котла являє собою прогресуюче накопичення відкладів термічних хвостів у топці та газоходах, що супроводжується затвердінням цих відкладень. Міцність шлаку в значному ступені залежить від мінерального складу та властивостей палива. Накопичення шлакових відкладень починається з утворення на поверхні так званого первинного шару, важливе місце в формуванні якого займає конденсація пари летучих компонентів мінеральної частини палива, головним чином оксиди лужних металів (K_2O , Na_2O) та хлоридів ($NaCl$, KCl).

Температура поверхні цього шару швидко підвищується іноді перевищуючи температуру виникнення рідкої фази, що прискорює збільшення товщини шару. При спалюванні твердого палива часто доцільно перекладати мінеральну частину палива

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в розплавленій стан та безперервно видаляти шлак який утворюється з шлюзового затвора на дні топки. Такий метод видалення залишків називається видаленням рідкого шлаку.

Летючі викиди та характеристика коксових залишків.

При нагріванні твердого палива до високих температур вуглеводні (в основному кисне-вмісні молекули) розкладаються з утворенням газоподібних продуктів так званих "летючих сполук" (таких як CO, H₂, CH₄, CO₂). Летючі речовини утворюються при розкладанні вуглеводнів (у переважно кисневмісних молекул). Утворення легких речовин з твердого палива відбувається в діапазоні температур 110-1100°C. Після видалення летючих речовин із зони нагріву залишається твердий залишок, який називається коксовим залишком. Вихід летючих речовин у пальному стані "п", є одним з параметрів класифікації кам'яних і антрацитових вугілів. Вихід летючих речовин та характеристики нелетючого залишку дозволяють оцінити придатність вугілля для коксування, передбачити поведінку палива в технологічному процесі обробки та запропонувати раціональні методи спалювання. Вихід летючих речовин залежить в здебільшого від температури нагрівання зразка і збільшується з підвищенням температури внаслідок глибшого розкладання палива. Відомо що велика частина летючих речовин утворюється при нагріванні вугілля до 800-850°C. При більше високих температурах вихід летючих речовин збільшується незначно. Основне виділення летючих речовин закінчується після нагрівання до 850°C за часом 6-7 хвилин. Подальша витримка за цієї температури наводить до невеликому збільшенню виходу летючих речовин. Вихід летючих речовин сильно залежить від швидкості нагріву вугільних частинок. Суть стандартного методу визначення виходу летючих речовин полягає у нагріванні 1г проби палива для аналізу при $t = (850 \pm 10)^\circ\text{C}$ протягом 7хв без доступу повітря. Вихід летючих речовин визначають по втраті маси вихідної проби з урахуванням вологості палива. Здатність вугілля до спікання має велике значення для його технічного використання. Спечене вугілля є сировиною для отримання коксу, який використовується як відновник у доменному процесі при виплавці металів з руди.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таке вугілля більш цінне чим неспечене яке використовується для енергетичних цілей. Спікання вугілля складний процес, в якому традиційно виділяють дві стадії:

1) частинки вугілля розм'якшуються і переходять в пластичний стан (перехід у пластичний стан). [17]

2) вугілля спікається при температурі вище 300°C. Спечене кам'яне вугілля переходить в пластичний стан при температурі вище 300°C. При температурі 500-550°C пластична маса застигає і утворюється спеченийт вердий залишок (напівкокс). При подальшому підвищенні температури до 1000°C твердість і міцність коксу збільшуються. Методи визначення пластометричних показників, випробування проводяться на пластометричному приладі, основними елементами приладу є сталевий пластометричний стакан зі знімаємим перфорованим дном, пластометр, що складається із сталевій голки, рухливої шкали та вказівника, штемпелю з отворами для видалення летючих продуктів, важіль і гиря для тиску на вугілля і корпус з вогнетривкої цегли. Умови випробувань у апараті для пластометрії аналогічні умовам коксування вугілля у промисловості. Вугілля завантажується і нагрівається з одного боку від дна стакану на різних відстанях від поверхні нагріву вугілля знаходиться на різних стадіях перетворення на кокс. Найближче до поверхні нагріву знаходиться шар коксу та напівкоксу, за ним слід шар пластичних шматків вугілля (пластичний шар), а над пластичними шматками знаходиться вугілля, яке ще не перейшло в пластичний стан. Ці шари розташовані паралельно поверхні нагрівання, при підвищенні температури частина пластичних шматків твердне і шар напівкоксу збільшується, та нагріте вугілля переходить у пластичний стан. Чим довше вугілля знаходиться в пластичному стані, тим товщі стає пластичний шар. Товщина у пластичного шару визначається за допомогою пластометричного методу-це максимальна відстань між поверхнями розділу "вугілля-пластичний шматок" і "пластичний шматок-напівкокс". Для проведення випробування (100 ± 1) з вугілля, фракцію менше 1,6 мм поміщають у пластометричний стакан. Поверх вугілля міститься важільний штемпель із підвішеним вантажем. Тиск, що передається на вугілля , складає 0,1 МПа. Нагрів здійснюється таким чином, щоб температура на поверхні дна стакану досягла 250°C через 30 хвилин від початку експерименту.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потім нагрівають до 730°C зі швидкістю 3°C в хвилину, починаючи з 350°C і вимірюючи верхній та нижній рівні пластичного шару через певні часові інтервали графік пластичних випробувань.

7. Дослідження

Сутність та опис досліджень.

Тема моєї дипломної роботи «робота твердопаливних котлів на різних видах палива». Ми збрали енергетичну услановку на тведрому паливі і будемо проводити досліди таким чином.

Для досліджень вибрали такі види палива як дрова, брикети з соняшникового лушпиння та брикети з вугілля для більш об'єктивного рішення що до теплотворної здатності та отримання енергії з різних видів палива ми будемо враховувати і сам фізичні властивості кожного з виду палива та за допомогою вимірювань як горіння в часі певної маси палива так і отриманної енергії, враховуючи всі недоліки для кожного виду та для більш об'єктивної оцінки. Експеримент починається з чищення зольника та чистки камери горіння після кожного експерименту за слідкую за часом та показниками зміни температури на подаючому трубопроводі, зворотньому трубопроводі, температурою відхідних газів а також площин поверхні котла для подальшого обчислення отриманної теплової енергії від кожного виду палива.

Хід всіх експериментів записуємо у таблицю для подальшого обчислення та аналізу.

Поперше перед початком експерименту ми заливаємо систему опалення водою та за допомогою показників лічильника визначаємо кількість води та та об'єм системи. Далі визначаємо масу інших елементів системи (саме металу) які мають визначену теплоємність та за допомогою показників із таблиці обчислюємо кількість отриманої теплової енергії [3].

Експеримент починається з закладки палива, розпалу та закінчується на моменті коли палива в камері горіння (топці) вже не залишиться і висипиться у зольник де вже немає водяної рубашки і теплопередача дуже незначна. Далі вимірюємо температуру і масу золи і середніми табличними даними визначаємо кількість недоотриманої енергії з певної маси кожного виду палива.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після розрахунків всіх експериментів ми надаємо характеристику для кожного виду палива а також собівартість отриманої енергії.

Перед початком досліда заливаємо у систему воду, та за показниками лічильників перед початком заливу в систему та коли система наповниться з робочим тиском 1bar. Вмикаємо циркуляційні насоси між котлом та буферною ємністю, та буферною ємністю та зовнішнім контуром. З системи стравлюємо повітря за допомогою воздуховідвочиків та вирівнюємо тиск до 1bar. Потім беремо покази з лічильника води який встановлений на вході води від центрального водогону до системи колта та визначаємо різницю в показниках, це і буде об'єм нашої системи опалення.

Покази лічильника 1 00863322

Покази лічильника 2 00863439

П2-П1=X

00863322-00863439=117 літрів теплоносія в системі

Дослід 1

Проводимо заміри температури в приміщені та системі опалення.

Температура теплоносія та у приміщені T=16°C.

Починаємо завантаження дров, завантаження всіх речовин щільно вимірюємо вагами, маса дров складає 3500 гр з яких 200 гр мілко подрібнені вміст вологи в деревині не перевищує 10%

Під щепки накладаємо подрібненого паперу у кількості 50 гр

На 6 хвилині почали зогяться мілка щепи та полум'я підіймається до дров.

Далі показники експерименту вносимо у таблицю та записуємо характерні зміни та особливості горіння.

На 30:00 хвилині експерименту добавляєм ще 1800 гр дров так як дрова дуже стрімко прогорають.

На 40:00 хвилині температура стрімко почала ристи та тиск в системі виріс 1,3 bar, відбираємо горячу воду підігріту теплообмінником щоб запобігти перегріву котла та відбираємо певну кількість теплової енергії з водою.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводимо запис показників лічильника води та відкриваємо кран горячої води, після відбору знов проводимо запис показників та вираховуємо кількість підігрітої води. Під час відбору води під кран ставимо невелику ємність та занурюємо туди градусник для отримання показників температури води.

Під час відбору ми відібрали підігрітої води до 68 °С в кількості 25 літрів

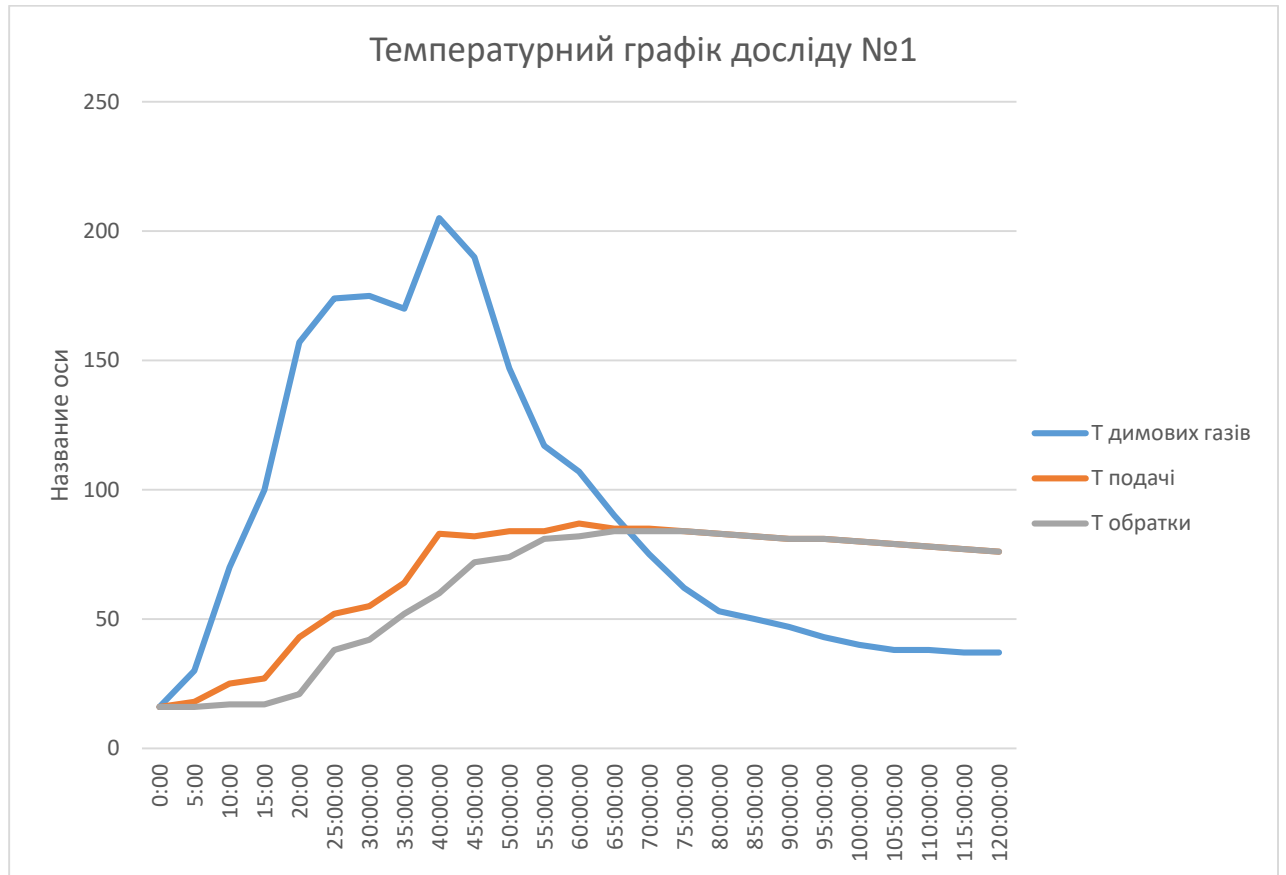
Після осипання золи у зольник експеримент закінчується та зола зважується за допомогою вагів та вимірюється температура золи.

Після експерименту ми отримали 230 гр зольного залишку с температурою золи.

Таблиця 17 Дослід №1 Дослідження роботи котла на дровах

Інтервал часу	Т димових Газів °С	Т подачі °С	Т обратн °С
0:00	16	16	16
5:00	30	18	16
10:00	70	25	17
15:00	100	27	17
20:00	157	43	21
25:00	174	52	38
30:00	175	55	42
35:00	170	64	52
40:00	205	83	60
45:00	190	82	72
50:00	147	84	74
55:00	117	84	81
60:00	107	87	82
65:00	90	85	84
70:00	75	85	84
75:00	62	84	84
80:00	53	83	83
85:00	50	82	82
90:00	47	81	81
95:00	43	81	81
100:00	40	80	80

105:00	38	79	79
110:00	38	78	78
115:00	37	77	77
120:00	37	76	76



За допомогою таблиць ексел отримуємо середнє значення температур за період всього досліду.

Інтервал часу	T димових газів °C	T подачі °C	T обратн °C
0,00	16	16	16
5,00	30	18	16
10,00	70	25	17
15,00	100	27	17
20,00	157	43	21
25,00	174	52	38

30,00	175	55	42
35,00	170	64	52
40,00	205	83	60
45,00	190	82	72
50,00	147	84	74
55,00	117	84	81
60,00	107	87	82
65,00	90	85	84
70,00	75	85	84
75,00	62	84	84
80,00	53	83	83
85,00	50	82	82
90,00	47	81	81
95,00	43	81	81
100,00	40	80	80
105,00	38	79	79
110,00	38	78	78
115,00	37	77	77
120,00	37	76	76
Сер. Знач темп	90,72	67,64	62,28

Визначаємо масу низькологованої сталі буферної ємності за допомогою об'єму та густини.

$$m = \rho \times v$$

Для визначення об'єму низьлогованої сталі буферної ємності використовуємо формулу:

$$2\pi \times R \times \delta \times h = V$$

Буферна ємність має габаритні розміри 330 мм діаметр, 1170 h висоту та товщину стінки 10 мм.

$$V_1 = 2 \times 3,14 \times 0,165 \times 0,1 \times 1,170 = 0,12 \text{ м}^3$$

$$V_1 = 0,12 \text{ м}^3$$

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Далі вирахуємо об'єм нижньої та верхньої частини буферної ємності

За формулою

$$\pi \times R^2 \times \delta \times 2 = V$$

$$V_2 = 3,14 \times 0,027 \times 0,1 \times 2 = 0,016$$

$$V_2 = 0,016$$

$$\Sigma V = V_1 + V_2 = 0,12 \times 0,016 = 0,136 \text{ м}^3$$

р низьколегірованної сталі складає 7800 кг/м^3

$$m = \rho \times v$$

$$m = 7800 \times 0,136 = 106 \text{ кг}$$

Визначаємо кількість накопиченої теплової енергії в металі системи

Маса котла згідно паспорту складає 150 кг

Маса буферної ємності складає 106 кг

$$M_{\Sigma} = 150 + 106 = 256 \text{ кг}$$

Для визначення накопиченої теплової енергії під час горіння дров

C = питомна теплоємність низьколегірованої сталі складає $460 \text{ Дж/кг} \times ^\circ\text{C}$

$$Q_1 = M \times C \times (T_{\text{вн}} - T_{\text{зов}}) = 256 \times 460 \times (65 - 16) = 5,77 \text{ МДж}$$

Визначаємо кількість теплової енергії накопиченої у теплоносії

За допомогою лічильників підкачки води ми визначили кількість теплоносія в системі (води) вона = 117 літрів = кг

$$Q_2 = C_{\text{води}} \times M_{\text{води}} \times \Delta T = 4200 \times 117 \times 49 = 24,08 \text{ МДж}$$

Визначаємо кількість теплової енергії в відходящих газах

Для цього нам треба визначити площу поперечного розрізу та розрідження в димоході.

$$S = L \times H$$

$$S = 0,205 \times 0,065 = 0,013 \text{ м}^2$$

Визначаємо щільність повітря:

$$\rho = 353 / (273 + T_i) = 0,97 \text{ кг/м}^3$$

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо швидкість повітря :

$$U = \sqrt{\frac{2 \times P_{\text{дин}} = 15 \text{ Па}}{0,97}} = 5,56 \frac{\text{м}}{\text{с}} [4]$$

Визначаємо об'єм повітря та його масу:

$$V = U \times S \times 7200 = 520 = \frac{520}{0,97} = 536 \text{ кг}$$

Визначаємо теплової енергії у вихідних газах:

$$Q_3 = M 536 \times \Delta T 74,7 \times C 1000 = 40,03 \text{ МДж}$$

Для стабілізації та охолодження теплоносія в системі, за допомогою теплообмінника ми відібрали 30 літрів теплої води підігрітої до температури 70 °С.

Визначаємо кількість теплової енергії у воді отриманої через теплообмінник.

$$Q_4 = 30 \times 4200 \times 60 = 7,5 \text{ МДж}$$

Кількість отриманої теплової енергії в ході експерименту складає:

$$\sum Q = 5,77 + 24,07 + 40,03 + 7,5 = 77,37 \text{ МДж}$$

Для експерименту було задіяно 5300 гр дров та 50 гр паперу, питомна теплота згоряння 50 гр паперу складає 898 КДж (табличний показник) а також після експерименту у нас залишилось 230 гр зольного залишку.

$$Q = 77,37 - 0,89 = 76,48$$

Визначаємо кількість отриманої теплової енергії від певної кількості дров

$$5300 \text{ гр} - 230 \text{ гр} = 5070 \text{ гр}$$

$$Q = 76,48 / 5,07 = 15,08 \text{ МДж/кг тобто } 15080000 / 3600 = 4188 \text{ вт/год}$$

Дослід 2

Дослід з брекетами з соняшникового липушиння

Т в приміщенні 20 °С

Т в системі опалення 20 °С

Тиск в системі 0,1 МПа

Починаємо завантаження топки котла, завантажуюмо 50 гр паперу

Завантажуємо брикети із соняшникового липушиння 2830 гр

Насос встановлений на 2 швидкості, при якій швидкість теплоносія складає

0,7 м³/год

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розпалу брикетів додатково завантажуюмо 922 гр дров

Далі заносимо дані у таблицю.

Таблиця 18 Дослідження роботи котла на брикетах із соняшникового липушиння.

Інтервал часу	Т димових Газів °С	Т подачі °С	Т обратн °С
0:00	20	20	20
5:00	29	25	24
10:00	41	27	25
15:00	97	36	26
20:00	138	42	28
25:00	140	44	34
30:00	170	52	39
35:00	167	56	42
40:00	149	57	50
45:00	131	60	53
50:00	102	61	55
55:00	87	62	57
60:00	73	62	59
65:00	64	62	59
70:00	57	62	60

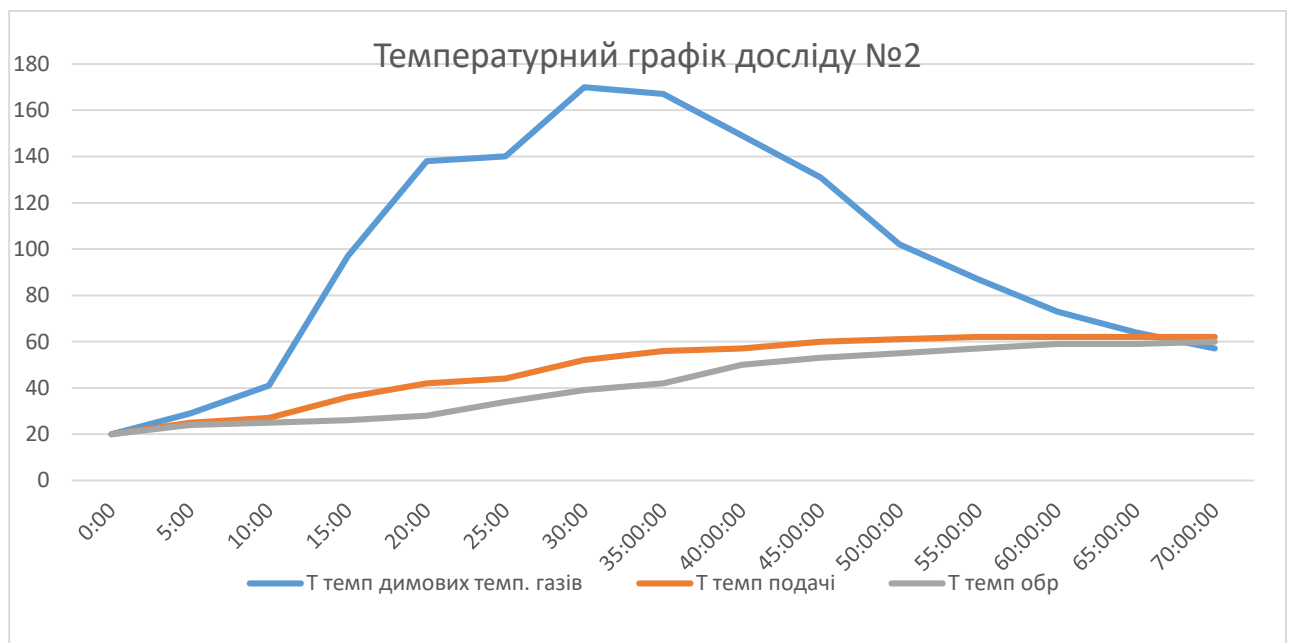
На 70 хвилині досліду в топці котла горіння завершилося і зола просипалась через колісникову решітку з зольник

Маса отриманої золи склала 350 грам з температурою золи 180 °С

За допомогою таблиць ехсел отримуємо середнє значення температур за період всього досліду.

Інтервал часу	Т димових Газів °С	Т подачі °С	Т обратн °С

0,00	20	20	20
5,00	29	25	24
10,00	41	27	25
15,00	97	36	26
20,00	138	42	28
25,00	140	44	34
30,00	170	52	39
35,00	167	56	42
40,00	149	57	50
45,00	131	60	53
50,00	102	61	55
55,00	87	62	57
60,00	73	62	59
65,00	64	62	59
70,00	57	62	60
Серед. Знач. Темп	98	49	42



Визначаємо кількість накопиченої теплової енергії в металі системи

Маса котла згідно паспорту складає 150 кг

Маса буферної ємності складає 106 кг

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

$$M_{\Sigma} = 150 + 106 = 256 \text{ кг}$$

Для визначення накопиченої теплової енергії під час горіння брикетів із соняшникового липушиння

C = питомна теплоємність низьколегованої сталі складає $460 \text{ Дж/кг} \times ^\circ\text{C}$

$$Q_1 = M \times C \times (T_{\text{вн}} - T_{\text{зов}}) = 256 \times 460 \times (20 - 45) = 2,94 \text{ МДж}$$

Визначаємо кількість теплової енергії накопиченої у теплоносії

За допомогою лічильників підкачки води ми визначили кількість теплоносія в системі (води) вона = $117 \text{ літрів} = \text{кг}$

$$Q_2 = C_{\text{води}} \times M_{\text{води}} \times \Delta T = 4200 \times 117 \times 25 = 12,28 \text{ МДж}$$

Визначаємо кількість теплової енергії в відходящих газах

Для цього нам треба визначити площу поперечного розрізу та розрідження в димоході.

$$S = L \times H$$

$$S = 0,205 \times 0,065 = 0,013 \text{ м}^2$$

Визначаємо щільність повітря:

$$\rho = 353 / (273 + T_i) = 0,97 \text{ кг/м}^3$$

Визначаємо швидкість повітря:

$$U = \sqrt{\frac{2 \times P_{\text{дин}} = 15 \text{ Па}}{0,97}} = 5,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо об'єм повітря та його масу:

$$V = U \times S \times 4200 = 303 = \frac{303}{0,97} = 312 \text{ кг}$$

Визначаємо теплової енергії у вихідних газах:

$$Q_3 = M_{312} \times \Delta T_{78} \times C_{1000} = 24,33 \text{ МДж}$$

Кількість отриманої теплової енергії в ході експерименту складає:

$$\Sigma Q = 2,94 + 12,28 + 24,33 = 39,55 \text{ МДж}$$

Для експерименту було задіяно 922 гр дров, брикети із соняшникового липушиння 2830 гр та 50 гр паперу, питомна теплота згоряння 50 гр паперу складає

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

898КДж (табличний показник) а також після експерименту у нас залишилось 230 гр зольного залишку.

$$Q=39,55-0,89=38,66$$

Зольність дров склала в попередньому експерименті склала 4,33%

Визначаємо кількість золи від спалювання дров при тому що для експерименту було витрачено 922 гр дров

$$(922/100) \times 4,33 = 39,9 \text{ гр золи від дров}$$

Визначаємо кількість отриманої теплової енергії від певної кількості дров

В першому досліді ми отримали з кожного кілограму дров 15,08 МДж теплової енергії $15,08 \times 0,882 = 13,3$ МДж кількість теплової енергії отриманої в цьому досліді від спалювання дров.

$$922 \text{ гр} - 39,9 \text{ гр} = 882 \text{ гр}$$

Маса отриманої золи в досліді складає 350 гр з яких 39,9 від дров.

Кількість золи від брикетів з липушинням сягає 310 гр зольність брикетів складає 10,95%

$$Q = (38,66 - 13,3) / 2,52 = 9,94 \text{ МДж/кг тобто } 9940000 / 3600 = 2761 \text{ вт/год.}$$

Дослід 3

Дослід з вугільними брикетами

Температура в приміщенні = 19 °С

Температура в системі опалення установки = 19 °С

Для розпалу вугілля та вугільних брикетів є особливість розпалу так як для займання легких складових вугілля потрібна певна температура до якої потрібно нагріти саме вугілля.

Завантажуємо топку колта:

Завантаження паперу 50 грам

Завантаження дров (щепи) 622 грам

Завантаження Дров 2350 грам

Завантаження вугільних брикетів 3036 грам+д на 37 хвилині експерименту додаємо ще 1100 грам вугільних брикетів.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для експерименту будемо застосовувати до роботи теплообмінник для ГВС так як відбору в системі у нас немає і ми за допомогою теплообмінника будемо відбирати визначену кількість води з певною температурою.

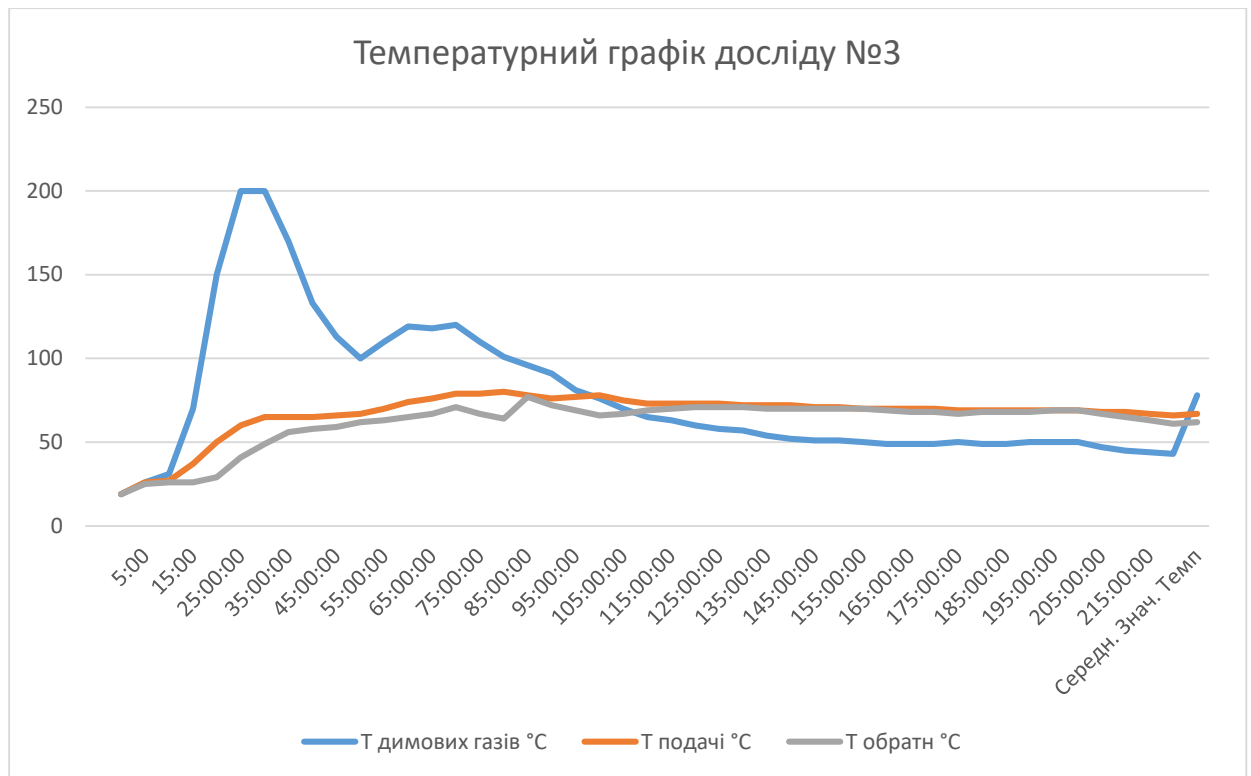
За допомогою таблиць ексел отримуємо середнє значення температур за період всього досліджу.

Таблиця 19 Дослідження роботи котла на вугільних брикетах.

Інтервал часу	Т димових газів °С	Т подачі °С	Т обратн °С
0:00	19	19	19
5:00	26	26	25
10:00	31	27	26
15:00	70	37	26
20:00	150	50	29
25:00:00	200	60	41
30:00:00	200	65	49
35:00:00	170	65	56
40:00:00	133	65	58
45:00:00	113	66	59
50:00:00	100	67	62
55:00:00	110	70	63
60:00:00	119	74	65
65:00:00	118	76	67
70:00:00	120	79	71
75:00:00	110	79	67
80:00:00	101	80	64
85:00:00	96	78	77
90:00:00	91	76	72
95:00:00	81	77	69
100:00:00	76	78	66
105:00:00	70	75	67

110:00:00	65	73	69
115:00:00	63	73	70
120:00:00	60	73	71
125:00:00	58	73	71
130:00:00	57	72	71
135:00:00	54	72	70
140:00:00	52	72	70
145:00:00	51	71	70
150:00:00	51	71	70
155:00:00	50	70	70
160:00:00	49	70	69
165:00:00	49	70	68
170:00:00	49	70	68
175:00:00	50	69	67
180:00:00	49	69	68
185:00:00	49	69	68
190:00:00	50	69	68
195:00:00	50	69	69
200:00:00	50	69	69
205:00:00	47	68	67
210:00:00	45	68	65
215:00:00	44	67	63
220:00:00	43	66	61
Середн. Знач. Темп	78	67	62

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91



Показники лічильника води 00862,542

На 75:0 хвилині відбираємо теплу воду в об'ємі 21 літр та з температурою 70 °C

Показники лічильника 00863,563

На 95:00 хвилині відбираємо ще 10 літрів води з температурою 65 °C

Показники лічильника 00863,573

На 105:00 хвилині ми відбираємо ще 20 літрів теплої води з температурою 63 °C

Показники лічильника 00863,583

На 220 хвилині експерименту процес горіння в топці скінчився а продукти догорання через колосникову решітку випали в зольник.

Маса отриманої золи склала 1010 грам золи.

Визначаємо кількість накопиченої теплової енергії в металі системи [8]

Маса котла згідно паспорту складає 150 кг

Маса буферної ємності складає 106 кг

$$M_{\Sigma} = 150 + 106 = 256 \text{ кг}$$

Для визначення накопиченої теплової енергії підчас горіння брикетів із соняшникового липушиння

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк. 92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C =$ питома теплоємність низьколегованої сталі складає $460 \text{ Дж/кг} \times ^\circ\text{C}$

$$Q_1 = M \times C \times (T_{\text{вн}} - T_{\text{зов}}) = 256 \times 460 \times (65 - 19) = 5,41 \text{ МДж}$$

Визначаємо кількість теплової енергії накопиченої у теплоносії

За допомогою лічильників підкачки води ми визначили кількість теплоносія в системі (води) вона = $117 \text{ літрів} = \text{кг}$

$$Q_2 = C_{\text{води}} \times M_{\text{води}} \times \Delta T = 4200 \times 117 \times 46 = 22,6 \text{ МДж}$$

Визначаємо кількість теплової енергії в відходящих газах

Для цього нам треба визначити площу поперечного розрізу та розрідження в димоході.

$$S = L \times H$$

$$S = 0,205 \times 0,065 = 0,013 \text{ м}^2$$

Визначаємо щільність повітря:

$$\rho = 353 / (273 + T_i) = 0,97 \text{ кг/м}^3 [6]$$

Визначаємо швидкість повітря:

$$U = \sqrt{\frac{2 \times P_{\text{дин}} = 15 \text{ Па}}{0,97}} = 5,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо об'єм повітря та його масу:

$$V = U \times S \times 13200 = 954 = \frac{954}{0,97} = 983 \text{ кг}$$

Визначаємо теплової енергії у вихідних газах:

$$Q_3 = M_{983} \times \Delta T_{78} \times C_{1000} = 58 \text{ МДж}$$

Для стабілізації та охолодження теплоносія в системі, за допомогою теплообмінника ми відібрали 21 літр теплої води підігрітої до температури $70 \text{ }^\circ\text{C}$.

На 65 хвилині 10 літрів з температурою $65 \text{ }^\circ\text{C}$

Та на 105 хвилині ми відбираємо ще 20 літрів теплої води з температурою $63 \text{ }^\circ\text{C}$

Визначаємо кількість теплової енергії у воді отриманої через теплообмінник.

$$21 \times 4200 \times 60 = 5,92 \text{ МДж}$$

$$10 \times 4200 \times 55 = 2,3 \text{ МДж}$$

$$20 \times 4200 \times 53 = 4,45 \text{ МДж}$$

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Σкількість отриманої теплової енергії у підігрітій воді $\Sigma Q_4=12,67\text{МДж}$

Кількість отриманої теплової енергії в ході експерименту складає:

$$\Sigma Q=5,41+22,6+58+12,67=98,68\text{МДж}$$

Для експерименту було задіяно 2977 гр дров, брикети із вугілля 4136 гр та 50 гр паперу, питомна теплота згоряння 50 гр паперу складає 898КДж (табличний показник) а також після експерименту у нас залишилось 1010 гр зольного залишку.

Зольність дров склала в пепшому експерименті склала 4,33%

Визначаємо кількість золи від спалювання дров при тому що для експерименту було витрачено 2977 гр дров

$$(2977/100)\times 4,33=128 \text{ гр золи від дров}$$

Визначаємо кількість отриманої теплової енергії від певної кількості дров

В першому досліді ми отримали з кілограму дров 15,08 МДж теплової енергії $15,08\times 2,85=42,97$ МДж кількість теплової енергії отриманої в цьому досліді від спалювання дров.

$$2977\text{гр}-128\text{гр}=2849 \text{ гр}$$

Маса отриманої золи в досліді складає 1010 гр з яких 128 від дров.

Кількість золи від вугільних брикетів сягає 882 гр, зольність брикетів складає 21,35%

$$Q=(98,68-0,89-42,97)/4,13=13,27 \text{ МДж/кг}$$

Теплова енергія від спалювання вугільних брикетів склала 13,27 МДж тобто $132700000/3600=3686\text{вт/год.}$

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Задачою моєї дипломної роботи було, створення тепло генеруючої установки та дослідження роботи твердопаливного котла на різних видах палива.

На початку роботи ми зіткнулися безліччю окремих питань які слід було вирішувати у оперативному порядку та завдяки дружньому колективу кафедри «теплогозопостачання вентиляції та теплоенергетики» у Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка ми прийшли до результату на який ми розраховували.

Темою моєї дипломної роботи було дослідження роботи твердопаливного котла а саме КСТ-12-Т на різних видах палива.

Для дослідів ми обрали паливо яке найбільш підходить до нашого котла без доудосконалення це: дрова (суміш) як найбільш популярніше паливо для твердопаливних котлів, соняшникові брикети- це брикети із соняшникового липушиння які за словами рекламних постів мають дуже високу теплоту згоряння (ми в своєму досліді довели зворотнє), та вугільні брикети.

Після дослідів ми отримали такі результати по теплотворній здатності кожного з дослідницьких зразків.

Дослід 1 ми проводили із дровами та отримали такі результати:

$$Q=76,48/5,07=15,08 \text{ МДж/кг тобто } 15080000/3600=4188 \text{ вт/год}$$

Що дуже близько до табличних показників із додатку 1 де питомна теплота спалювання деревини з W до 20% 14,24 МДж

В досліді 2 ми проводили дослідницьку роботу з брикатами із соняшникового липушиння та отримали такі результати:

$$Q=(38,66-13,3)/2,52=9,94 \text{ МДж/кг тобто } 9940000/3600=2761 \text{ вт/год*кг.}$$

Що не відповідає заявленим характеристикам так як в характеристиках було вказано теплоту згоряння 18,09 МДж хоча можливо це пов'язано саме з фізичними властивостями самих пелетів та вони не підходять для спалювання в таких котлах, тому що при розпалюванні самих та в процесі їх горіння пелети розтріскуються на малі частки та скрізь колісникову решітку випадають в зольник де процес теплообміну проходить дуже погано так як в зольній камері не має водяної рубашки

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та в процесі горіння та догорання ми недоотримали певну кількість теплової енергії переданої від палива до теплонісія яку ми не змогли врахувати.

Дослід 3 ми проводили з брикетами із вугілля та отримали такі результати:

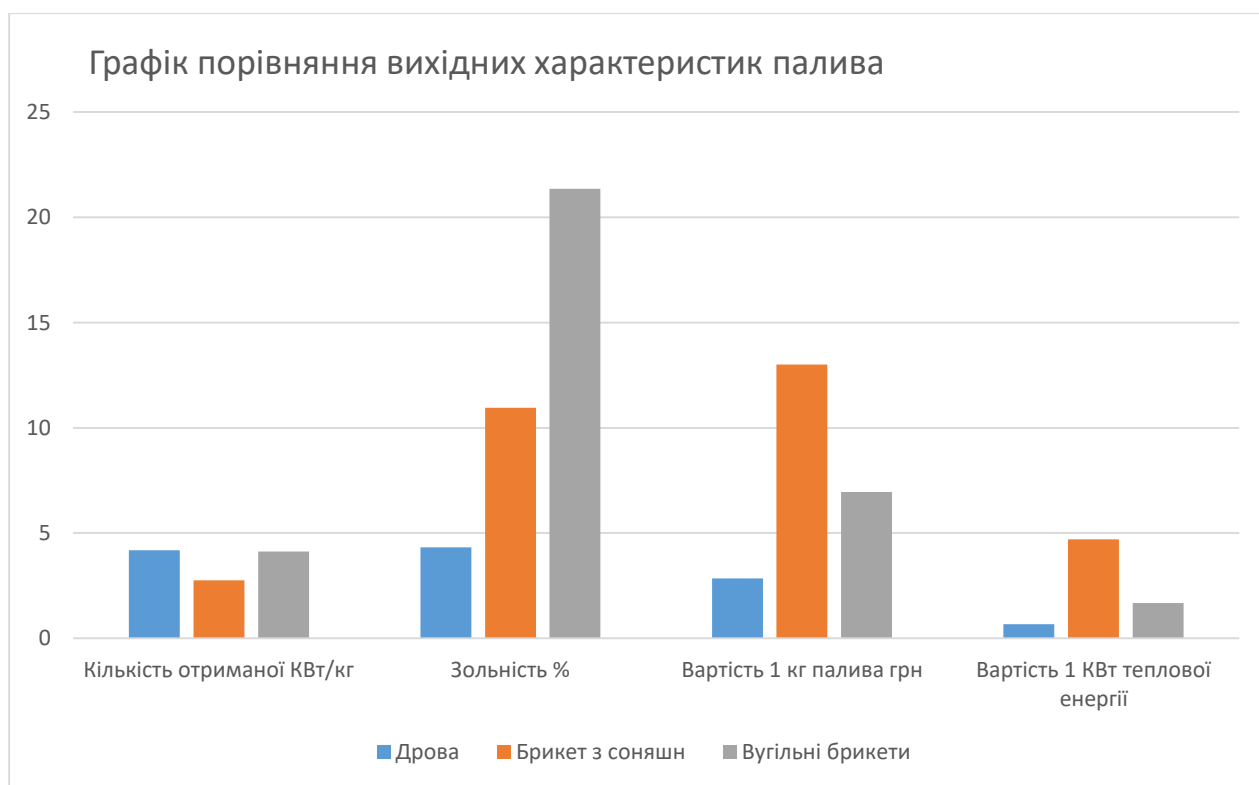
$$Q=(98,68-0,89-42,97)/4,13=13,27 \text{ МДж/кг}$$

Що теж в процесі дослідів нас не здивувало так як із за своєї малої щільності вугільні брикети при нагріванні розтріскувались та частинки вивадали скрізь колісникову решітку в зольну камеру а також вугільні брикети характеризуються дуже високою зольністю.

Таблиця 20 Порівняльні вихідні характеристики досліджуваних видів палива.

Вид палива	Кількість отриманої КВт/кг	Зольність %	Вартість 1 кг палива грн	Вартість 1 КВт теплової енергії
Дрова	4,188	4,33	2,85	0,68
Брикет з соняшн	2,76	10,95	13	4,7
Вугільні брикети	4,13	21,35	6,95	1,68

З порівняльної таблиці чітко видно що на сьогоднішній день самим економічним паливом із досліджених є усім любимі дрова як по вартості так і теплотворній здатності.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України № 2633-IV «Про теплопостачання», 2005. (Електронний ресурс) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text>
2. Правила користування тепловою енергією. /Міністерство енергетики України, Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. – Київ, 1999. -74с (Електронний ресурс) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1198-2007-%D0%BF#Text>
3. ДСТУ Б.В.2.2.-39-2016 Енергетичний аудит. – К.:Мінрегіонбуд України, 2017. (Електронний ресурс) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=65421
4. Гузик Д.В., Федяй Б.М. Сучасні системи вентиляції. – Видавництво ПолтНТУ, 2016р.-183с.
5. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Укрархбудінформ. – 2013.
6. Голік Ю.С., Семенов В.І. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з «Промислова вентиляція та вентиляційні викиди». – Видавництво ПолтНТУ.: 2012р.-56с.
7. Методичні вказівки до курсової роботи «Теплогенеруючі установки». Винник В.І. Полтава: ПолтДТУ, 1998-27с.
8. Кугаєвська Т.С. Навчальний посібник із курсу «Тепломасообмін» (Частина 1. Теплопровідність) / Т.С. Кугаєвська. – Полтава : ПолтНТУ, 2011. – 66с.
9. Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент. – Харків: Міносвіти, 2002. – 32с.
10. Теплопостачання. Збірник нормативних і технічних матеріалів : посібник для проєктантів, монтажників та працівників підприємств теплопостачання. - К.:Укрархбудінформ , 2007. - 352 с.
11. Державні будівельні норми України. ДБН Д. 2. 2-18-99. 36.18. Опалення - внутрішнє обладнання. - К.:Держбуд України, 2000. - 28 с.
12. Пономарчук, І.А. Опалення : навч. посіб. - Вінниця : ВНТУ, 2017. - 125 с.

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. М. С. Сегеди, М. Й. Олійник, В. Г. Лисяк, О. Б. Дудурич, Енергоощадність та альтернативні джерела енергії, навч. Посібник . Львів 2020 – 182с.
14. Закони України "Про альтернативні види палива". За станом на 11 вересня 2009 року / Верховна Рада України (Електроний ресурс) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/>
15. Довідник хіміка-енергетика: Гуревич С.М. – Энергия, 2017. – 105с.
16. Кисельов Н.А. Котельні установки. – К.: Вища школа, 2015. –280 с.
17. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж. Затверджені наказом Мінпаливенерго від 14.02.2007 № 71 та зареєстровані в Міністерстві юстиції України 05.03.2007 за № 197/13464 (Електроний ресурс) [akon.rada.gov.ua/laws/show/z0197](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0197)
18. ДБН В.2.5.-39:2008. Теплові мережі.-Київ.: Міненергобуд, 2009. -55с.
19. ДБН В.2.5.-2014 Котельні. Міненергобуд України. – К.: 2014р. -49с.
20. Методичні вказівки до курсової роботи «Теплогенеруючі установки». Винник В.І. Полтава: ПолтДТУ, 1998-27с.
21. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Укрархбудінформ.-2013р.
22. Влада очима історії : фотовиставка.
URL:<http://www.kmu.gov.ua/control/uk/photogallery/gallery?galleryId=15725757&> (дата звернення: 15.11.2017).
23. ТУУ-00994207-005:2018 Деревина дров'яна. Класифікація, облік, технічні вимоги. – 4с.
24. ДСТУ 3243-88 Технічні вимоги. «Дрова паливні» Київ

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток №1 Питома теплота згоряння кожного виду палива

Вид палива	Од. змі н.	Питома теплота згоряння			Еквівалент		
		кКал	кВт	МДж	Природ ний газ, м ³	Диз. п аливо, л	Мазут , л
Електроенергія	1 кВт/год	864	1	3,62	0,108	0,084	0,089
Дизельне паливо	1 л	10300	11,9	43,12	1,288	-	1,062
Мазут	1 л	9700	11,2	40,61	1,213	0,942	-
Нафта	1 л	10500	12,2	44	1,313	1,019	1,082
Бензин	1 л	10500	12,2	44	1,313	1,019	1,082
Газ природний	1 м ³	8000	9,3	33,5	-	0,777	0,825
Газ скраплений	1 кг	10800	12,5	45,2	1,35	1,049	1,113
Метан	1 м ³	11950	13,8	50,03	1,494	1,16	1,232
Пропан	1 м ³	10885	12,6	45,57	1,361	1,057	1,122
Етилен	1 м ³	11470	13,3	48,02	1,434	1,114	1,182
Водень	1 м ³	28700	33,2	120	3,588	2,786	2,959
Вугілля кам'яне (W=10%)	1 кг	6450	7,5	27	0,806	0,626	0,665
Вугілля буре (W=30...40%)	1 кг	3100	3,6	12,98	0,388	0,301	0,32
Вугілля-антрацит	1 кг	6700	7,8	28,05	0,838	0,65	0,691
Вугілля деревне	1 кг	6510	7,5	27,26	0,814	0,632	0,671

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

601-МНТ.10578414.КМР

Арк.

99

Торф (W=40%)	1 кг	2900	3,6	12,1	0,363	0,282	0,299
Торф брикети (W=15%)	1 кг	4200	4,9	17,58	0,525	0,408	0,433
Торф крихта	1 кг	2590	3	10,84	0,324	0,251	0,267
Пелети дерев'яні	1 кг	4100	4,7	17,17	0,513	0,398	0,423
Пеллета із соломи	1 кг	3465	4	14,51	0,433	0,336	0,357
Пеллета з соняшника	1 кг	4320	5	18,09	0,54	0,419	0,445
деревина (W=50...60%)	1 кг	1940	2,2	8,12	0,243	0,188	0,2
деревина (W=20%)	1 кг	3400	3,9	14,24	0,425	0,33	0,351
Тріска	1 кг	2610	3	10,93	0,326	0,253	0,269
Тирса	1 кг	2000	2,3	8,37	0,25	0,194	0,206
Папір	1 кг	3970	4,6	16,62	0,496	0,385	0,409
Луска соняшника, сої	1 кг	4060	4,7	17	0,508	0,394	0,419
Луска рисова	1 кг	3180	3,7	13,31	0,398	0,309	0,328
Вогнища лляна	1 кг	3805	4,4	15,93	0,477	0,369	0,392
Кукурудза-початок (W>10%)	1 кг	3500	4	14,65	0,438	0,34	0,361
Солома	1 кг	3750	4,3	15,7	0,469	0,364	0,387
Бавовник-стебла	1 кг	3470	4	14,53	0,434	0,337	0,358
Виноградна лоза (W=20%)	1 кг	3345	3,9	14	0,418	0,325	0,345

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-МНТ.10578414.КМР

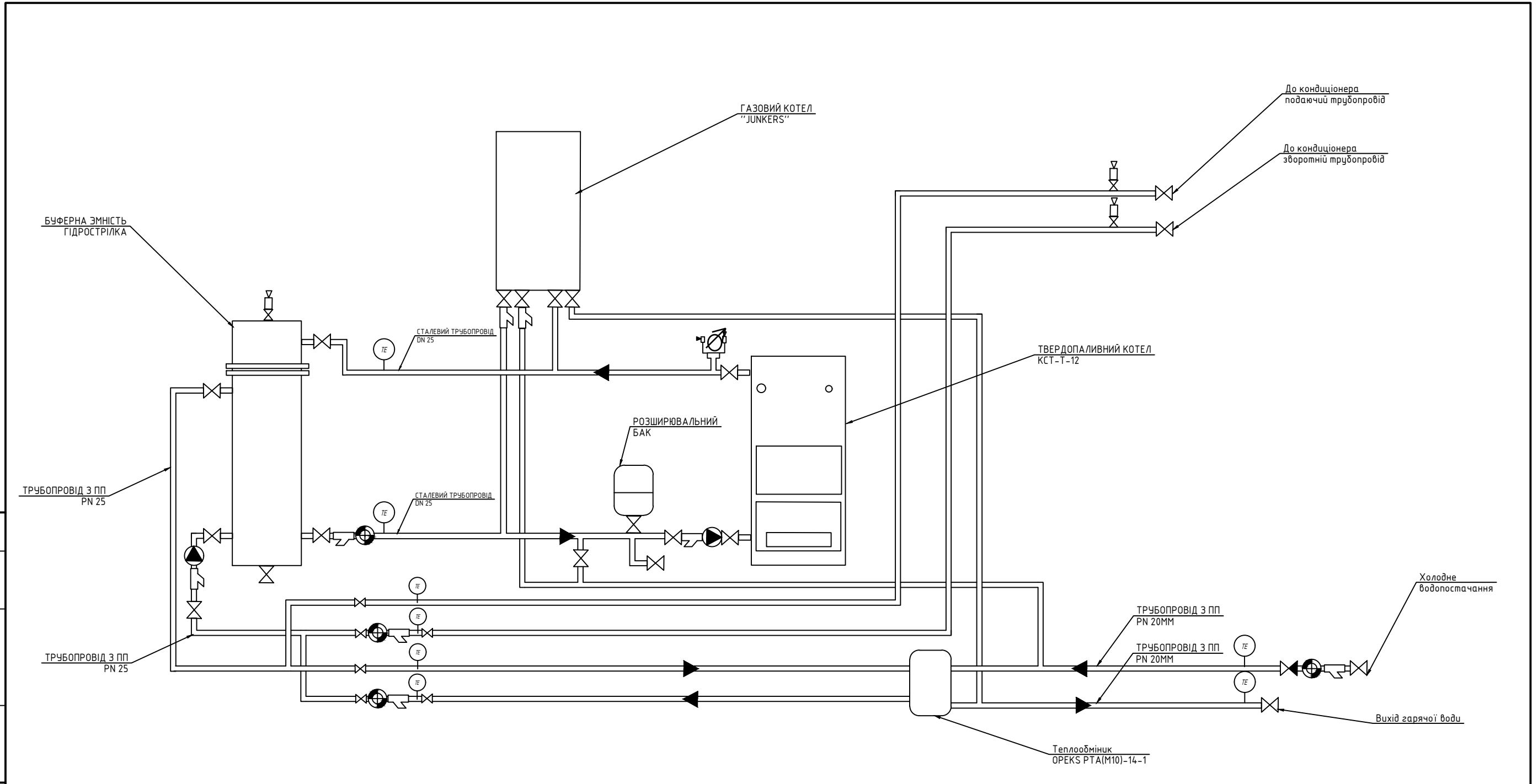
Арк.
100

Лінолеум полівінілхлоридний	14,3
Лінолеум полівінілхлоридний двошаровий	17,9
Лінолеум полівінілхлоридний на повстяній основі	16,6
Лінолеум полівінілхлоридний на теплій основі	17,6
Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі	20,3
Лінолеум гумовий (релін)	27,2
Парафін твердий	11,2
Пінопласт ПХВ-1	19,5
Пінопласт ФС-7	24,4
Пінопласт ФФ	31,4
Пінополістирол ПСБ-С	41,6
Пінополіуретан	24,3
Плита деревоволокниста	20,9
Полівінілхлорид (ПВХ)	20,7
Полікарбонат	31
Поліпропілен	45,7
Полістирол	39
Поліетилен високого тиску	47
Поліетилен низького тиску	46,7
Гума	33,5
Руберойд	29,5
Сажа канална	28,3
Сіно	16,7
Соломо	17

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

Скло органічне (оргскло)	27,7
Текстоліт	20,9
Голь	16
Тротил	15
Бавовна	17,5
Целюлоза	16,4
Вовна та вовняні волокна	23,1

					<i>601-МНТ.10578414.КМР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103



Погоджено:
Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ор.

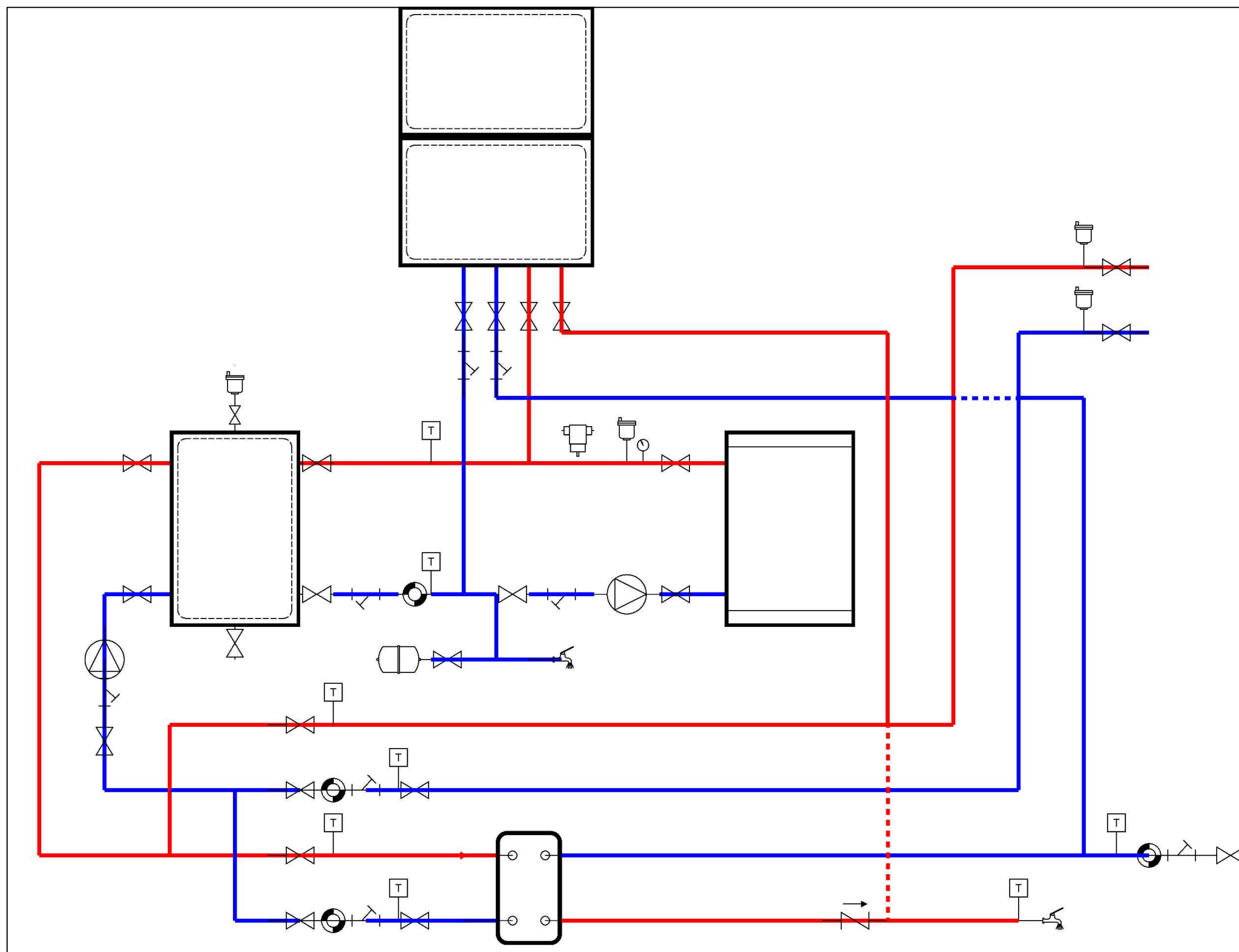
УМОВНІ ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ

1	☒	КРАН ШАРОВИЙ
2	☒	ФІЛЬТР ГРУБОЇ ОЧИСТКИ
3	⊕	ЛІЧІЛЬНИК ВОДИ, ТЕПЛОНОСІЯ
4	⊙	ПОГРУЖНИЙ ТЕРМОМЕТР
5	⊗	ЦИРКУЛЯЦІЙНИЙ НАСОС
6	☒	ЗВОРТНІЙ КЛАПАН
7	☒	ПОВІТРЕВІДВОДЧИК
8	☒	АВАРІЙНИЙ КЛАПАН
9	⊙	МАНОМЕТР
10	▶	НАПРЯМОК РУХУ РЕЧОВИНИ
11	—	ТРУБОПРОВІД

					2024	601НТ-10700835-ДР		
						ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Манейло Є				19.01	Р	2	10
Перевірив	Крот О.П.				19.01			
Н.контроль	Крот О.П.				19.01			
Зав.кафед.	Голік Ю.С.				19.01	Монтажна схема установки  Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		

Погоджено:

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. № ор.



					2024
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив	Манейло Є				19.01
Перевірив	Крот О.П.				19.01
Н.контроль	Крот О.П.				19.01
Зав.кафед.	Голік Ю.С.				19.01

601НТ-10700835-ДР

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА

Стадія	Аркуш	Аркушів
Р	1	10

Графічна схема



Національний університет
"Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка"



Погоджено:	

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ор.	

					2024
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив				Манейло Є	19.01
Перевірів				Крот О.П.	19.01
Н.контроль				Крот О.П.	19.01
Зав.кафед.				Голік Ю.С.	19.01

601НТ-10700835-ДР			
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА			
	Стадія	Аркуш	Аркушів
	Р	3	10
Старе обладнання	 Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		



Підпис і дата	Зам. інв. №	Погоджено:	
Інв. № ор.			

					2024	601НТ-10700835-ДР			
						ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА			
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Манейло Є			19.01		Р	4	10
Перевірив		Крот О.П.			19.01				
Н.контроль		Крот О.П.			19.01				
Зав.кафед.		Голік Ю.С.			19.01	Демонтажні роботи	 Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		



Погоджено:	

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ор.	

					2024	601НТ-10700835-ДР		
						ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА		
Зм.	Кільк	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Манейло Є			19.01	Р	5	10
Перевірів		Крот О.П.			19.01			
Н.контроль		Крот О.П.			19.01			
Зав.кафед.		Голік Ю.С.			19.01	Створення буферної ємності		
						 Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		




Погоджено:

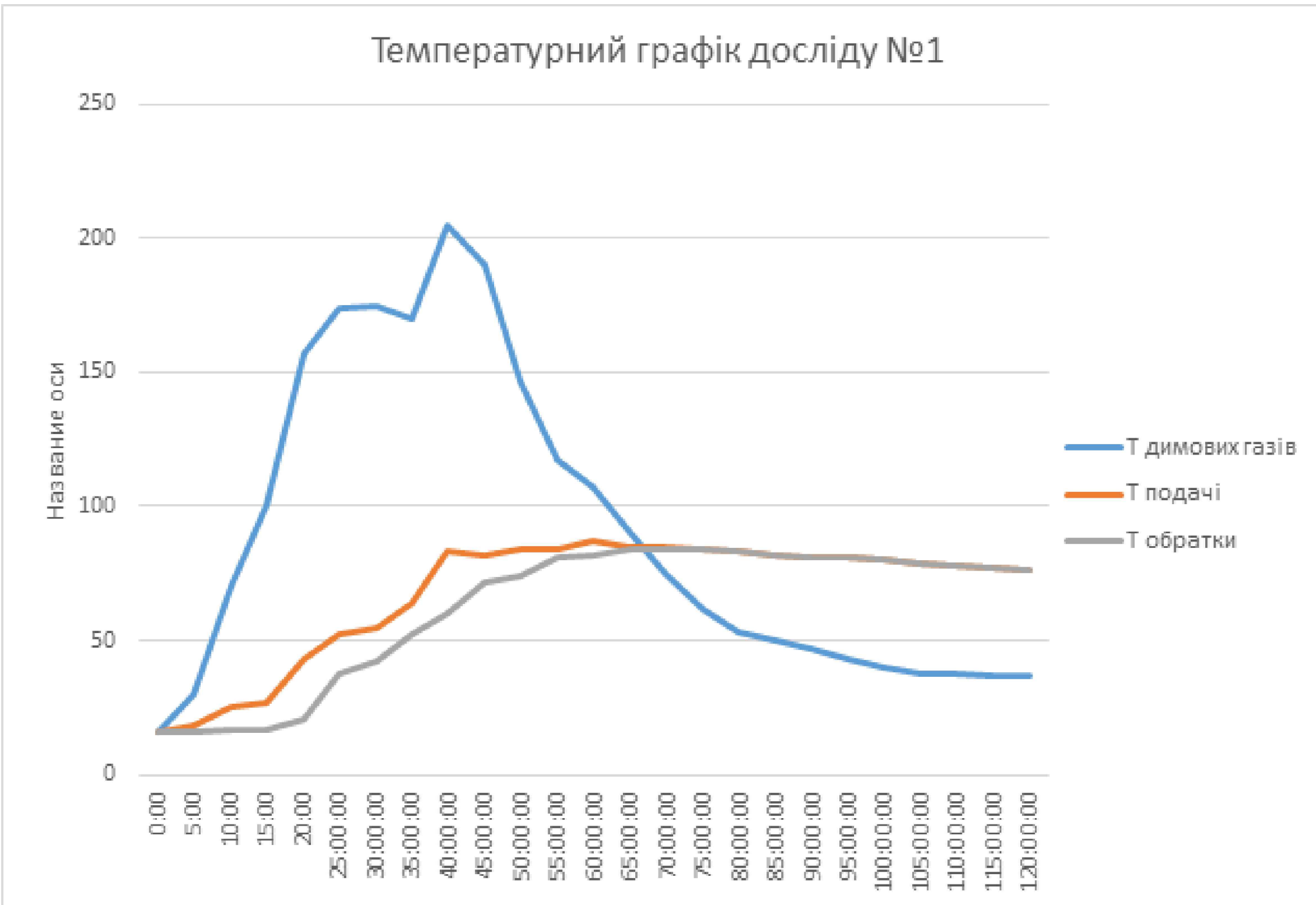
Зам. інв. №


Підпис і дата

Інв. № ор.

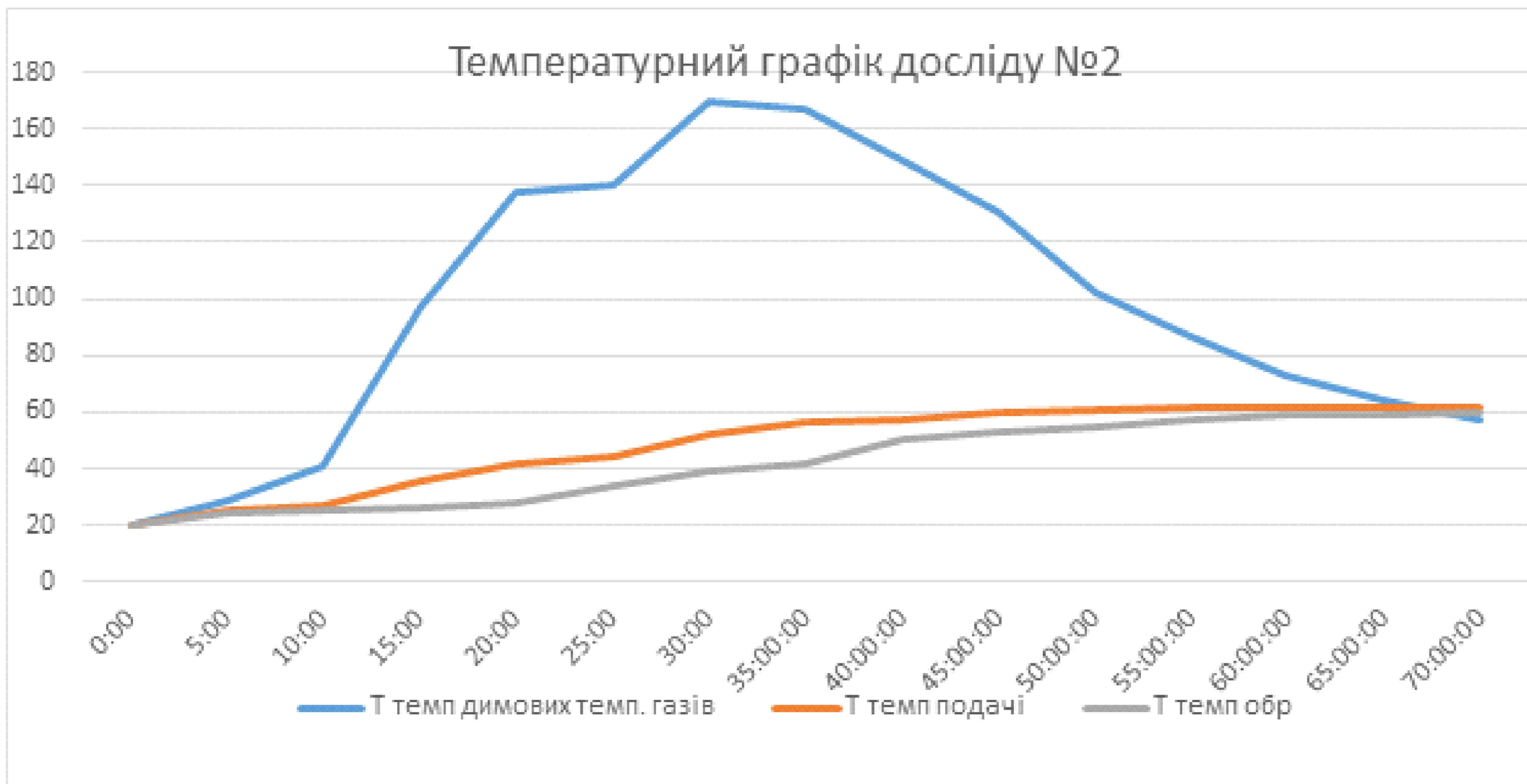
					2024	601НТ-10700835-ДР		
						ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Манейло Є			19.01	Р	6	10
Перевірив		Крот О.П.			19.01			
Н.контроль		Крот О.П.			19.01			
Зав.кафед.		Голік Ю.С.			19.01	Тепло генеруюча установка		 Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"


Інв. № ор.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Погоджено:



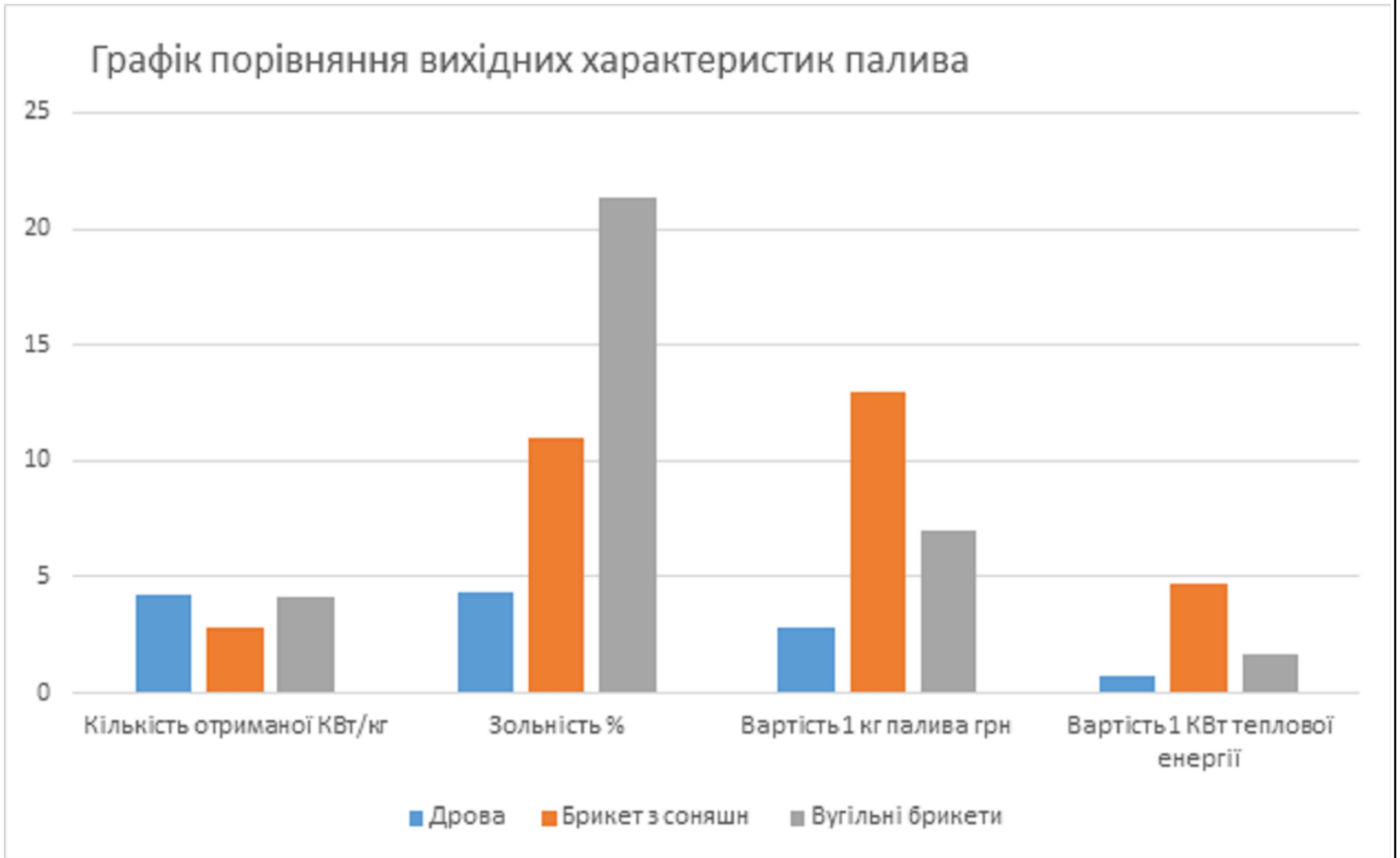
					2024	601НТ-10700835-ДР				
						ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА				
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата					
Розробив				Манейло Є	19.01					
Перевірів				Крот О.П.	19.01					
Н.контроль				Крот О.П.	19.01					
Зав.кафед.				Голік Ю.С.	19.01	Графік досліду №1	 Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"	Стадія Р	Аркуш 7	Аркушів 10


Погоджено:		
Зам. інв. №		
Підпис і дата		
Інв. № ор.		



					2024	601НТ-10700835-ДР		
						ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
						Р	8	10
Розробив		Манейло Є			19.01	Графік досліду №2  Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Перевірив		Крот О.П.			19.01			
Н.контроль		Крот О.П.			19.01			
Зав.кафед.		Голік Ю.С.			19.01			

Погоджено:	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ор.	



					2024	601НТ-10700835-ДР			
						ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Манейло Є			19.01		Р	10	10
Перевірив		Крот О.П.			19.01				
Н.контроль		Крот О.П.			19.01				
Зав.кафед.		Голік Ю.С.			19.01	Порівняльний графік з дослідів	 Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		